

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift
①1 DE 35 19 291 A 1

⑤1 Int. Cl. 4:
B 29 C 47/36
B 29 C 47/62

②1 Aktenzeichen: P 35 19 291.7
②2 Anmeldetag: 30. 5. 85
④3 Offenlegungstag: 4. 12. 86

Behördeneigentum

DE 35 19 291 A 1

⑦1 Anmelder:

Battenfeld Gloenco Extrusion Systems Ltd.,
Droitwich, Worcestershire, GB

⑦4 Vertreter:

Hemmerich, F., 4000 Düsseldorf; Müller, G.,
Dipl.-Ing.; Große, D., Dipl.-Ing., 5900 Siegen;
Pollmeier, F., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 4000 Düsseldorf

⑦2 Erfinder:

Langecker, Günter, Dr.-Ing.; Hardenacke,
Karl-Albert, 5882 Meinerzhagen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤4 Verfahren zum Homogenisieren und Kühlen der Kunststoffschmelze, insbesondere einer mit einem Triebmittel begasten Kunststoff-Schmelze, und Extruder zu seiner Ausübung

Es wird ein Verfahren zum Homogenisieren und Kühlen von Kunststoffschmelze in einem Extruder angegeben, das sich insbesondere zur Beeinflussung einer mit einem Triebmittel begasten Kunststoffschmelze eignet und während des durch die Extruderschnecke bewirkten, schraubenden Transportes derselben durch das Schneckengehäuse stattfindet. Es wird dabei ein ständig vorgegebener Volumenstrom von Kunststoffschmelze in einer paarzahligen Anzahl von Schmelzesträngen transportiert. Während der Transportbewegung werden die Querschnitte jeweils zweier unmittelbar benachbarter Schmelzestränge in zueinander umgekehrtem Verhältnis verändert und diese Querschnittsänderungen werden in mehrfach aufeinanderfolgendem Wechsel bewirkt. Dabei wird jeweils aus dem der Querschnittsminderung unterworfenen Schmelzestrang eine entsprechende Schmelze-Teilmenge dem der Querschnittsvergrößerung unterliegenden Schmelzestrang zugeführt und die Schmelze in den Schmelzesträngen wird während ihrer Querschnittsänderung durch die schraubende Transportbewegung umgeschichtet. Auch geht es um die Ausgestaltung des Extruders zur Ausübung dieses Verfahrens.

Kennie Paddel / Schöpper

BEST AVAILABLE COPY

DE 35 19 291 A 1

Patentansprüche

1. Verfahren zum Homogenisieren und Kühlen der Kunststoffschmelze, insbesondere einer mit einem Treibmittel begasten Kunststoffschmelze, während ihrer durch die Extruderschnecke bewirkten, schraubenden Transportbewegung durch den Schneckenzyylinder bzw. das Schneckengehäuse, dadurch gekennzeichnet, daß

- a) ständig ein vorgegebener Volumenstrom von Kunststoffschmelze in einer paarzahligen Anzahl von Schneckensträngen (z.B. 17 und 18; Fig. 2) transportiert wird, daß
- b) während der Transportbewegung die Querschnitte jeweils zweier unmittelbar benachbarter Schmelzestränge (z.B. 17, 18; Fig. 2) in zueinander umgekehrtem Verhältnis verändert werden (A, B, C, D, E; Fig. 2), daß
- c) diese Querschnittsänderungen in mehrfach aufeinanderfolgendem Wechsel bewirkt werden (Fig. 2), daß
- d) dabei jeweils aus dem der Querschnittsminderung unterworfenen Schmelzestrang (z.B. 17 bzw. 18) eine entsprechende Schmelze-Teilmenge (z.B. T2 bzw. T3, T4 bzw. T1, T4 bzw. T2) dem der Querschnittsvergrößerung unterliegenden Schmelzestrang (z.B. 18 bzw. 17) zugeführt wird (Fig. 2), und daß
- e) die Abzweigung und Überführung der Schmelze-Teilmenge (z.B. T2 bzw. T3, T4 bzw. T1, T4 bzw. T2) jeweils in auf die Strömungsverhältnisse der schraubenden Transportbewegung des Schmelzestranges (z.B. 17 bzw. 18) abgestimmten Abständen bewirkt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelze in den Schmelzesträngen (z.B. 17 und 18; Fig. 2) während ihrer Querschnittsänderung durch die schraubende Transportbewegung umgeschichtet wird (A, B, C, D, E; Fig. 2).

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß im querschnittsverminderten Schmelzestrang (z.B. 17 — T1 bzw. 18 — T2 bzw. 17 — T3; Fig. 2) jeweils ein Viertel und im querschnittsvergrößerten Schmelzestrang (z.B. 18 — T2/T4/T3 bzw. 17 — T3/T4/T1 bzw. 18 — T1/T4/T2) jeweils dreiviertel des vorgegebenen Volumens eines Kanalpaares erfaßt werden (Fig. 2).

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelzestränge (z.B. 17 und 18; Fig. 2) zwischen aufeinanderfolgenden Querschnittsänderungen zeitweilig jeweils mit gleichbleibendem aber voneinander verschiedenem Querschnitt transportiert werden (Fig. 5 und 6).

5. Extruder zur Ausübung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, bei welchem eine Extruderschnecke drehantreibbar in einem Schneckenzyylinder bzw. Schneckengehäuse angeordnet ist, die eine paarzahlige Anzahl, also mindestens zwei, durch schraubenartig um einen Kern verlaufende Stege voneinander getrennte Schneckengänge aufweist, welche gegen den Innenumfang des Schneckenzyinders bzw. Schneckengehäuses eine entsprechende Anzahl von Kanälen für den Transport der Kunststoffschmelze zum

Extruderausgang begrenzt, dadurch gekennzeichnet, daß

- a) der Kernumfang (125, 126, 127, 128) der Extruderschnecke (109) relativ zum Hüllmantel ihrer Schneckenstege (115, 116, 117, 118) und/oder zum zylindrischen Innenumfang des Schneckenzyinders (6) in Richtung der Schneckensteigung einen differenten bzw. vom Normalmaß (129) verschiedenen Radialabstand (130a bis 130g, 131 bis 133; 134a bis 134h und 135 bis 137) aufweist (Fig. 5 und 6), daß
- b) sich diese Kernumfangsbereiche unterschiedlichen Radialabstand (130a bis 130g, 131 bis 133 bzw. 134a bis 134h, 135 bis 137) jeweils über einen Bruchteil einer Schneckensteigung bzw. eines Schneckenumfangs erstrecken, und
- c) zwei in Steigungsrichtung aufeinanderfolgende Kern-Umfangsbereiche differenten bzw. vom Normalmaß (129) verschiedenen Abstand eine zueinander reziproke Gestaltung aufweisen (Fig. 5 und 6), daß
- d) die die radialen Abstandsunterschiede aufweisenden Kern-Umfangsbereiche (130a bis 130g bzw. 134a bis 134h) in zwei einander unmittelbar benachbarten Schneckengängen (111 und 112 bzw. 113 und 114) jeweils mit einer Versetzlage zueinander vorgesehen sind (Fig. 5 und 6), bei der der größte Abstand (132 bzw. 135 und 137) im einen Schneckengang (111, 113 bzw. 112, 114) dem kleinsten Abstand (131 und 133 bzw. 136) des Kern-Umfangsbereichs im anderen Schneckengang (112, 114 bzw. 111, 113) am Schneckenumfang zugeordnet ist (Fig. 5 und 6, und daß
- e) der Schneckensteg (116, 118 bzw. 117, 115) zwischen zwei einander unmittelbar benachbarten Schneckengängen (111, 112 und 113, 114 bzw. 112, 113 und 114, 111) jeweils in solchen Längenbereichen mit einer Unterbrechung bzw. einem Ausschnitt (138a, 138b, 138c und 138d) versehen sind, in welchen — in Transportrichtung der Kunststoffschmelze — einem Kern-Umfangsbereich (130a, 130e bzw. 134c, 134g) mit sich gegen den Schneckenumfang bzw. dem Schneckenzyylinder (106) verringerndem Abstand ein Kern-Umfangsbereich (134a, 134e bzw. 130c, 130g) mit sich zum Schneckenumfang bzw. Schneckenzyylinder (106) vergrößerndem Abstand zugeordnet ist (Fig. 5 und 6).

6. Extruder nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kern-Umfangsbereiche (130a bis 130g bzw. 134a bis 134h) differenten bzw. vom Normalmaß (129) verschiedenen Radial-Abstandes in den beiden einander unmittelbar benachbarten Schneckengängen (111 und 112 bzw. 113 und 114 oder 112, 113 bzw. 114, 111) der Extruderschnecke (109) eine voneinander abweichende Kontur aufweisen (Fig. 5 und 6).

7. Extruder nach einem der Ansprüche 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß über die die radialen Abstandsunterschiede aufweisenden Kern-Umfangsbereiche (130a bis 130g bzw. 134a bis 134h) hinweg die Abstandsverhältnisse zwischen 0,5 und 1,5 des Normalabstands (129) variieren (131, 132, 133 bzw. 135, 136, 137) und dabei das Abstandsverhältnis an Anfang und Ende jedes abstands-differen-

ten Kern-Umfangsbereichs bei ein (Maß 129) liegt (Fig. 5 und 6).

8. Extruder nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß Anfang und Ende der abstandsdifferenten Kern-Umfangsbereiche (130a bis 130g bzw. 134a bis 134h) in den beiden einander unmittelbar benachbarten Schneckengängen (111, 112 bzw. 113, 114 oder 112, 113 bzw. 114, 111) wenigstens annähernd übereinstimmende Lage am Kern-Umfang (125, 127 bzw. 126, 128) der Extruderschnecke (101) haben (Fig. 5 und 6).

9. Extruder nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Variationsbereiche der differenten Radialabstände am Schneckenkern (110) sich in Umfangsrichtung jeweils entweder etwa über einen Winkelbereich von 30° bzw. 2/24 der Schneckensteigung oder einen Winkelbereich von 60° bzw. 4/24 der Schneckensteigung erstrecken und daß jeweils zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abschnitten (130a, 130c, 130e, 130g bzw. 134a, 134c, 134e 134g) mit differenten Radial-Abständen ein Abschnitt (130b, 130d, 130f bzw. 134b, 134d, 134f) mit gleichbleibendem Radial-Abstand (131, 132, 133 bzw. 135, 136, 137) vorgesehen ist (Fig. 5 und 6).

10. Extruder nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Abschnitte (130b, 130d, 130f) mit gleichbleibendem Radial-Abstand (131, 132, 133) am Kern-Umfangsbereich (125 bzw. 127) des einen Schneckenganges (111 bzw. 113) jeweils über einen Winkelbereich von 60° und/oder 4/24 der Schneckensteigung erstrecken (Fig. 5), während sich die Abschnitte (134b, 134d, 134f) mit gleichbleibendem Radial-Abstand (135, 136, 137) am Kernumfangsbereich (126 bzw. 128) des unmittelbar benachbarten Schneckenganges (112 bzw. 114) jeweils über Winkelbereiche erstrecken, die zwischen minimal 30° und maximal 90° und/oder minimal 2/24 und maximal 6/24 der Schneckensteigung liegen (Fig. 6).

11. Extruder nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Längen der Abschnitte (132 bzw. 135, 137) mit gleichbleibendem, großem Radial-Abstand (132 bzw. 135, 137) zu den Längen der Abschnitte (130b, 130f bzw. 134d) mit gleichbleibendem, kleinen Radial-Abstand (131, 133 bzw. 136) bei den benachbarten Schneckengängen (111 und 112 bzw. 113 und 114) in einem Verhältnis stehen, das zwischen 0,33 und 1, nämlich einerseits bei eins und 0,5 und andererseits bei 0,33 liegt (Fig. 5 und 6).

12. Extruder nach einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Längen der Abschnitte (132 bzw. 135, 137) mit gleichbleibendem, großem Radial-Abstand (132 bzw. 135, 137) des einen Schneckenganges (111 bzw. 113) oder (112 bzw. 114) zu den Längen der ihnen zugeordneten Abschnitte (130b, 130f bzw. 134d) mit gleichbleibendem, kleinen Radial-Abstand (131, 133 bzw. 136) des benachbarten, anderen Schneckenganges (112, 114 bzw. 111, 113) in einem Verhältnis stehen, das zwischen 0,5 und 0,75, nämlich bei 0,5; 0,666 und 0,75, liegt.

13. Extruder nach einem der Ansprüche 5 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterbrechungen bzw. Ausschnitte (138a bis 138d) im Steg (116 bzw. 118 oder 115 bzw. 117) der beiden einander unmittelbar benachbarten Schneckengänge (111, 112

bzw. 113, 114) eine Länge aufweisen, die mindestens gleich der Länge des ihnen benachbarten Kern-Umfangsbereichs (130a, 130c, 130e, 130g bzw. 134a, 134c, 134e, 134g) mit sich — in Transportrichtung der Kunststoffschmelze — vergrößerndem Radialabstand bemessen ist (Fig. 5 und 6).

14. Extruder nach einem der Ansprüche 5 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterbrechungen bzw. Ausschnitte (138a bis 138d) in Steg (116 bzw. 118) oder (115 bzw. 111) zwischen den beiden einander unmittelbar benachbarten Schneckengängen (111, 112 bzw. 113, 114) eine Tiefe aufweisen, die zum mittleren Radialabstand (129) der Kern-Umfangsbereiche ein Verhältnis zwischen 0,5 und 1 hat (Fig. 5 und 6).

15. Extruder nach einem der Ansprüche 5 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Extruderschnecke (9) als zweigängige Schnecke ausgeführt ist.

16. Extruder nach einem der Ansprüche 5 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Extruderschnecke (109) als viergängige Schnecke ausgeführt ist, an der einerseits der erste Schneckengang (111) mit dem zweiten Schneckengang (112) und der dritte Schneckengang (113) mit dem vierten Schneckengang (114) korrespondiert (Fig. 3b und 4b), während andererseits der zweite Schneckengang (112) mit dem dritten Schneckengang (113) und der vierte Schneckengang (114) mit dem ersten Schneckengang (111) in Austauschverbindung steht (Fig. 3d und 4d).

17. Extruder nach einem der Ansprüche 5 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Extruderschnecke als sechsgängige Schnecke ausgeführt ist, an der einerseits der erste Schneckengang mit dem zweiten Schneckengang, der dritte Schneckengang mit dem vierten Schneckengang und der fünfte Schneckengang mit dem sechsten Schneckengang korrespondiert, während andererseits der zweite Schneckengang mit dem dritten Schneckengang, der vierte Schneckengang mit dem fünften Schneckengang und der sechste Schneckengang mit dem ersten Schneckengang in Austauschverbindung steht.

18. Extruder nach einem der Ansprüche 5 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß sich die einen differenten bzw. variierenden Radial-Abstand des Kernumfangs (125, 126, 127, 128) zum Hülmantel der Schneckenstege (115, 116, 117, 118) bzw. zum zylindrischen Innenumfang des Schneckenzyklinders (106) aufweisenden Längenteilstücken (120) der Extruderschnecke (109) jeweils nur über eine relativ kurze Teillänge, z.B. mindestens einen Steigungsabstand, der Extruderschnecke (109) erstrecken und zwei aufeinanderfolgende Abschnitte (120) durch ein Zwischenstück von relativ großer Teillänge, bspw. mit mindestens zehn Steigungsabständen, in Verbindung stehen, dessen Kernumfang (119) einen gleichbleibenden, mittleren Radialabstand (129) zum Hülmantel der Schneckenstege (115, 116, 117, 118) bzw. zum zylindrischen Innenumfang des Schneckenzyklinders (106) aufweist (Fig. 3a bis 3e und 4a bis 4e).

19. Extruder nach einem der Ansprüche 5 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneckenstege (115, 116, 117, 118) zwischen benachbarten Schneckengängen (111, 112, 113, 114) jeweils etwa im halben Steigungsabstand auf einer etwa ihrer Höhe entsprechenden Länge Unterbrechungen (121, 122,

123, 124) haben, die an aufeinanderfolgenden Stegen (115, 116, 117, 118) in Umfangsrichtung zueinander versetzt liegen (Fig. 3a, 3c, 3e und 4a, 4c und 4e). 20. Extruder nach einem der Ansprüche 5 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die die Unterbrechungen bzw. Ausschnitte (138a bis 138c und 121 bis 124) in den Stegen (115 bis 118) der Extruderschnecke (109) begrenzenden Kanten Abrundungen oder Leitflächen aufweisen.

21. Extruder nach einem der Ansprüche 5 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß er als Einschneckenextruder für Schaumfolienfertigung ausgelegt ist.

22. Extruder nach einem der Ansprüche 5 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß er als Tandemanlage mit separatem Antrieb für Begasungsextruder und Kühlextruder ausgelegt ist.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Homogenisieren und Kühlen der Kunststoff-Schmelze, insbesondere einer mit einem Treibmittel begasten Kunststoff-Schmelze, während ihrer durch die Extruderschnecke bewirkten, schraubenden Transportbewegung durch den Schneckenzyylinder bzw. das Schneckengehäuse.

Gegenstand der Erfindung ist aber auch ein Extruder zur Ausübung dieses Verfahrens, bei welchem eine Extruderschnecke drehantreibbar in einem Schneckenzyylinder bzw. Schneckengehäuse angeordnet ist, die eine paarzahlige Anzahl, also mindestens zwei, durch schraubenartig um einen Kern verlaufende Stege voneinander getrennte Schneckengänge aufweist, welche gegen den Innenumfang des Schneckenzyinders eine entsprechende Anzahl von Kanälen für den Transport der Kunststoffschmelze zum Extruderausgang begrenzt.

Bei der Herstellung von Schaumfolien wird zunächst der Kunststoff, z.B. Polystyrol, aufgeschmolzen, dann mit einem Treibmittel, bspw. Freon 12, begast und daraufhin das Flüssiggas mit der Schmelze homogenisiert.

Im weiteren Prozeßverlauf wird das Schmelze-gemisch heruntergekühlt und dabei die Temperatur so niedrig eingestellt sowie die Gaseinmischung so gleichmäßig bewirkt wird, daß sich eine gleichmäßige Schaumstruktur mit kleinen Poren beim Austritt aus der Düse ergibt.

Dieser Prozeßablauf wird entweder auf Tandemanlagen ausgeführt, bei denen der Kühlextruder mit einem eigenen Antrieb versehen ist und getrennt vom Begasungsextruder arbeitet, oder aber er findet in Einschneckenextrudern statt, bei denen die Kunststoffbegasung und der Kühlprozeß mit einer relativ langen Schnecke durchgeführt werden.

In jedem Falle wird die Qualität des Kunststoffschau-mes durch die Schmelzetemperatur beeinflusst; d.h., eine gleichmäßige Schaumstruktur setzt auch die ständige Aufrechterhaltung einer möglichst gleichmäßigen, niedrigen Schmelzetemperatur voraus.

Die erforderliche Auskühlung der Kunststoffschmelze erfolgt im Extruder im wesentlichen über die Wandung des Schneckenzyinders bzw. Schneckengehäuses und kann nur zu einem Teil durch Innenkühlung der Extruderschnecke unterstützt werden.

In der Praxis erweist es sich als äußerst problematisch, aus dem Kernbereich und den benachbarten Schichten der Kunststoffschmelze im Schneckenkanal die Wärme abzuführen, weil nämlich die Schmelze in den Schneckenkanälen eine schraubende Transport- bzw. Vorschubbewegung ausführt, die einer Verlage-

rungsbewegung des Schmelze-Kernbereichs von innen nach außen an die metallischen Kühlwände entgegen-wirkt.

Damit die natürliche, schraubende Transport- bzw. Vorschubbewegung der Kunststoffschmelze gestört wird, ist es bereits bekannt, Extruderschnecken zu benutzen, die innerhalb der durch die schraubenartig um den Kern verlaufenden Stege voneinander getrennten Schneckengänge über den Umfang des Schneckenkerns vorstehende Stifte als Mischelemente aufweisen. Diese Mischelemente bewirken zwar eine Umverteilung der Kunststoffschmelze innerhalb der einzelnen Schneckenkanäle, jedoch lediglich in der Weise, daß die auf Radialebene rotierenden Stifte sich in Axialrichtung der Extruderschnecke schlangelinienförmig hin und hergehende Verlagerungsbewegungen innerhalb der Kunststoffschmelze erzeugen. Die um den Kern der Extruderschnecke aufgebauten Schichten in der schraubenstrangförmigen Kunststoffschmelze werden jedoch nicht aufgebrochen und verlagert, so daß auch hier die im Schmelze-Kernbereich befindlichen Kunststoffschichten auf einer höheren Temperatur verbleiben als die den Wänden des Schneckenzyinders bzw. Schneckengehäuses und dem Schneckenkern benachbarten bzw. näher gelegenen Schmelzeschichten.

Auch die zusätzliche Anordnung von Durchbrüchen in den schraubenartig um den Kern verlaufenden Stegen der Extruderschnecke haben keine Verbesserung des Kühleffektes gebracht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein ein-gangsgattungsgemäß näher definiertes Verfahren zum Homogenisieren und Kühlen der Kunststoffschmelze anzugeben, das einen erheblich verbesserten, nämlich vergleichmäßigten, Kühleffekt innerhalb der Kunststoffschmelze gewährleistet und damit deren Verarbeitung, insbesondere bei der Herstellung von Schaumfolien, erleichtert.

Die Lösung dieser Aufgabe beruht auf der Erkenntnis, daß der diametrale Schichtaufbau der Kunststoffschmelze während der in Strangform stattfindenden, schraubenden Transport- bzw. Vorschubbewegung fortwährend von innen nach außen und von außen nach innen gewendet werden muß, damit alle diese Schmelzeschichten auf ihrem Transportweg zum Extruderausgang über eine genügend lange Wegstrecke mit den Wandungen des Schneckenzyinders bzw. -gehäuses und der Schnecke in Kontaktberührung gelangen.

Basierend auf dieser Erkenntnis wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe in verfahrenstechnischer Hinsicht dadurch gelöst, daß

- a) ständig ein vorgegebener Volumenstrom von Kunststoffschmelze in einer paarzahligen Anzahl von Schmelzesträngen transportiert wird, daß
- b) während der Transportbewegung die Querschnitte jeweils zweier unmittelbar benachbarter Schmelzestränge in zueinander umgekehrtem Verhältnis verändert werden, daß
- c) die Querschnittsänderungen in mehrfach aufeinanderfolgendem Wechsel bewirkt werden, daß
- d) dabei jeweils aus dem der Querschnittsminderung unterworfenen Schmelzestrang eine entsprechende Schmelze-Teilmenge dem der Querschnittsvergrößerung unterliegenden Schmelzestrang zugeführt wird und daß
- e) die Abzweigung und Überführung der Schmelze-Teilmenge jeweils in auf die Strömungsverhältnisse der schraubenden Transportbewegung des Schmelzestranges abgestimmten Abständen be-

wirkt wird.

Es hat sich gezeigt, daß durch diese verfahrenstechnischen Maßnahmen eine intensive Durchmischung der Kunststoffschmelze erreicht wird, weil einer achsparallelen Wanderungsbewegung der Kunststoffschmelze-Schichten auf eine intensive diametrale bzw. radiale Umschichtungsbewegung derselben erzeugt wird.

Besonders gute Ergebnisse der Durchmischung werden erreicht, wenn Abzweigungen bzw. Überführungen von Schmelze-Teilmenen jeweils nach einer halben Umdrehung der schraubenden Transportbewegung der Schmelze innerhalb des betreffenden Schneckenkanals vorgenommen werden.

In verfahrenstechnischer Hinsicht ist es nach der Erfindung weiterhin vorteilhaft, daß die Kunststoffschmelze in den Schmelzesträngen während ihrer Querschnittsänderung durch die schraubende Transportbewegung umgeschichtet wird.

Besonders bewährt hat es sich in der Praxis, wenn nach einer weiteren verfahrenstechnischen Ausgestaltung der Erfindung im Querschnittsverminderten Schmelzestrand jeweils ein Viertel und im Querschnittsvergrößerten Schmelzestrand jeweils dreiviertel des vorgegebenen Schmelze-Volumens erfaßt werden und wenn in weiterer Ausgestaltung die Schmelzestränge zwischen aufeinanderfolgenden Querschnittsänderungen zeitweilig mit gleichbleibendem aber voneinander verschiedenem Querschnitt transportiert werden.

Zur Ausübung des erfindungsgemäßen Verfahrens kommt ein Extruder zum Einsatz, bei welchem eine Extruderschnecke drehantreibbar in einem Schneckenzyylinder bzw. -gehäuse angeordnet ist, die eine paarzahlige Anzahl, also mindestens zwei, durch schraubenartig um einen Kern verlaufende Stege voneinander getrennte Schneckenränge aufweist, welche gegen den Innenumfang des Schneckenzyinders eine entsprechende Anzahl von Kanälen für den Transport der Kunststoffschmelze zum Extruderausgang begrenzt. Der erfindungsgemäße Extruder zeichnet sich dabei nach der Erfindung in der Hauptsache dadurch aus, daß

- a) der Kernumfang der Extruderschnecke relativ zum Hüllmantel ihrer Schraubenstege und/oder zum zylindrischen Innenumfang des Schneckenzyinders bzw. -gehäuses einen differenten bzw. vom Normalmaß verschiedenen Radial-Abstand in Richtung der Schneckensteigung aufweist, daß
- b) sich diese Kern-Umfangsbereiche unterschiedlichen Radialabstands jeweils über einen Bruchteil einer Schneckensteigung bzw. eines Schneckenumfangs erstrecken, und
- c) zwei in Steigungsrichtung aufeinanderfolgende Kern-Umfangsbereiche differenten Abstand eine zueinander reziproke Gestaltung aufweisen, daß
- d) die die radialen Abstandsunterschiede aufweisenden Kern-Umfangsbereiche in zwei einander unmittelbar benachbarten Schneckenrängen jeweils mit einer Versetztlage zueinander vorgesehen sind, bei der der größte Abstand des Kern-Umfangsbereichs im einen Schneckenrang dem kleinsten Abstand des Kern-Umfangsbereichs im anderen Schneckenrang am Schneckenumfang zugeordnet ist, und daß
- e) der Steg zwischen zwei einander unmittelbar benachbarten Schneckenrängen jeweils in solchen Längenbereichen mit einer Unterbrechung bzw. einem Ausschnitt versehen ist, in welchen — in Transportrichtung der Kunststoffschmelze — einem Kern-Umfangsbereich mit sich gegen den

Schneckenumfang hin verringerndem Abstand ein Kern-Umfangsbereich mit sich zum Schneckenumfang vergrößerndem Abstand zugeordnet ist.

Diese erfindungsgemäße Ausgestaltung einer Extruderschnecke stellt nicht nur sicher, daß zwischen zwei benachbarten Schmelzesträngen nicht nur ein wechselseitiger Massenaustausch erzwungen wird, sondern mit jedem Massenaustausch zwischen den benachbarten Schmelzesträngen zugleich auch eine Höhenverlagerung der dem Massenaustausch unterworfenen Schmelzeschichten relativ zueinander einhergeht.

Ein weiteres wichtiges Ausgestaltungsmerkmal für einen Extruder nach der Erfindung liegt darin, daß an der Extruderschnecke die Kern-Umfangsbereiche mit differentem Radial-Abstand in den beiden einander unmittelbar benachbarten Schneckenrängen eine voneinander abweichende Kontur aufweisen. Hierdurch wird nämlich der vorteilhafte Effekt des Massenaustausches zwischen zwei unmittelbar benachbarten Schneckenrängen optimiert.

Zur Erfindung gehört es weiterhin, daß über die die radialen Abstandsdifferenzen aufweisenden Kern-Umfangsbereiche der Extruderschnecke hinweg die Abstandsverhältnisse zwischen 0,5 und 1,5 eines Normalabstands variieren und dabei das Abstandsverhältnis an Anfang und Ende jedes Kern-Umfangsbereichs bei 1 liegt, also dem Normalabstand entspricht.

Bewährt hat sich erfindungsgemäß eine Extruderschnecke, bei der Anfang und Ende der Kern-Umfangsbereiche in den beiden einander unmittelbar benachbarten Schneckenrängen wenigstens annähernd übereinstimmende Lage am Kernumfang der Extruderschnecke haben, so daß an diesen Stellen die Schmelzestränge jeweils übereinstimmende Volumina enthalten.

Als empfehlenswert kann es sich nach der Erfindung auch erweisen, daß die Variationsbereiche der differenten Radialabstände am Schneckenkern sich in Umfangsrichtung jeweils entweder über einen Winkelbereich von 30° bzw. $2/24$ der Schneckensteigung oder aber einen Winkelbereich von 60° bzw. $4/24$ der Schneckensteigung erstrecken und daß jeweils zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abschnitten mit differenten Radial-Abständen ein Abschnitt mit gleichbleibendem Radialabstand vorgesehen ist.

Es bewährt sich im Rahmen der Erfindung auch, die Abschnitte mit gleichbleibendem Radial-Abstand am Kern-Umfangsbereich des einen Schneckenranges jeweils über einen Winkelbereich von 60° und/oder $4/24$ der Schneckensteigung erstrecken, während sich die Abschnitte mit gleichbleibendem Radialabstand am Kern-Umfangsbereich des unmittelbar benachbarten Schneckenranges sich jeweils über Winkelbereiche erstrecken, die zwischen minimal 30° und maximal 75° und/oder minimal $2/24$ und maximal $5/24$ der Schneckensteigung liegen.

Ebenfalls kann es sich im Rahmen der Erfindung als vorteilhaft erweisen, wenn die Längen der Abschnitte mit gleichbleibendem, großem Radial-Abstand zu den Längen der Abschnitte mit gleichbleibendem, kleinem Radial-Abstand bei den einander unmittelbar benachbarten Schneckenrängen in einem Verhältnis stehen, das zwischen 0,33 und 1, nämlich einerseits bei 1 und 0,5 und andererseits bei 0,33, liegt.

Erfindungsgemäß können aber auch die Längen der Abschnitte mit gleichbleibendem, großem Radial-Abstand des einen Schneckenranges zu den Längen der ihnen zugeordneten Abschnitte mit gleichbleibendem, kleinem Radial-Abstand des benachbarten, anderen

Schneckenganges in einem Verhältnis stehen, das zwischen 0,5 und 0,75, nämlich bei 0,5; 0,66 und 0,75, liegt.

Ebenfalls von wesentlicher, erfinderischer Bedeutung ist es, daß die Unterbrechungen bzw. Ausschnitte im Steg zwischen den beiden einander unmittelbar benachbarten Schneckengängen eine Länge aufweisen, die mindestens gleich der Länge des ihnen benachbarten Kern-Umfangsbereichs mit sich — in Transportrichtung der Kunststoffschmelze — vergrößerndem Radial-Abstand bemessen ist.

Als besonders zweckmäßig hat es sich dabei nach der Erfindung erwiesen, wenn diese Unterbrechungen bzw. Ausschnitte im Steg zwischen den beiden unmittelbar benachbarten Schneckengängen eine Tiefe aufweisen, die zum mittleren bzw. dem Normalmaß entsprechenden Radial-Abstand der Kern-Umfangsbereiche ein Verhältnis zwischen 0,5 und 1 hat.

Im einfachsten Falle ist nach der Erfindung die Extruderschnecke als zweigängige Schnecke ausgeführt, so daß der Masseaustausch und die Umschichtung der Kunststoffschmelze immer nur zwischen den beiden einander benachbarten Schneckengängen wechselt.

Kommt jedoch eine viergängige Extruderschnecke zum Einsatz, dann ist es erfindungswesentlich, daß hier einerseits der erste Schneckengang mit dem zweiten Schneckengang und der dritte Schneckengang mit dem vierten Schneckengang im Wechsel korrespondiert, während andererseits aber auch der zweite Schneckengang mit dem dritten Schneckengang und der vierte Schneckengang mit dem ersten Schneckengang in wechselseitiger Austauschverbindung stehen.

Bei einer als sechsgängige Schnecke ausgelegten Extruderschnecke korrespondiert zunächst der erste mit dem zweiten Schneckengang, der dritte mit dem vierten Schneckengang und der fünfte mit dem sechsten Schneckengang jeweils abwechselnd, während andererseits aber auch der zweite Schneckengang mit dem dritten Schneckengang, der vierte Schneckengang mit dem fünften Schneckengang und der sechste Schneckengang mit dem ersten Schneckengang in wechselseitiger Austauschverbindung gehalten ist.

Eine andere wichtige Ausgestaltungsmaßnahme für einen Extruder nach der Erfindung liegt aber auch darin, daß sich die einen differenten Radial-Abstand des Kernumfangs zum Hüllmantel der Schraubenstege bzw. zum zylindrischen Innenumfang des Schneckenzyinders bzw. -gehäuses aufweisenden Längenabschnitte der Extruderschnecke jeweils nur über relativ kurze Teillängen, z.B. mindestens einen Steigungsabstand, derselben erstrecken und zwei aufeinanderfolgende Abschnitte mit differentem Radial-Abstand des Kernumfangs zum Hüllmantel der Schraubenstege durch ein Zwischenstück von relativ großer Teillänge, bwp. mit zehn Steigungsabständen, in Verbindung stehen, dessen Kern-Umfang einen gleichbleibenden, mittleren bzw. normalen Radial-Abstand zum Hüllmantel der Schraubenstege aufweist.

Ebenfalls von wesentlicher Bedeutung ist es aber nach der Erfindung auch, daß die Stege zwischen benachbarten Schneckengängen des die relativ große Teillänge aufweisenden Zwischenstücks der Extruderschnecke jeweils etwa im halben Steigungsabstand auf einer etwa ihrer Höhe entsprechenden Länge Unterbrechungen haben, die an aufeinanderfolgenden bzw. benachbarte Schneckengänge voneinander trennenden Stegen in Umfangsrichtung zueinander versetzt liegen.

Schließlich wird ein Merkmal der Erfindung aber auch noch darin gesehen, daß die die Unterbrechungen

bzw. Ausschnitte in den Stegen der Extruderschnecke begrenzenden Kanten Abrundungen aufweisen. Hierdurch wird nämlich der Staubbildung beim stattfindenden Masseaustausch der Kunststoffschmelze zwischen benachbarten Schneckengängen entgegengewirkt.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden nachfolgend an einem in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiel erläutert. Es zeigen

Fig. 1 in schematisch vereinfachter Darstellung und im Längsschnitt einen Einschnecken-Extruder zum Aufschmelzen von Kunststoff-Granulat sowie zum Homogenisieren und Kühlen der dadurch gebildeten Kunststoff-Schmelze, ausgestattet mit einer zweigängigen Extruderschnecke,

Fig. 2 in schaubildlicher Darstellung den Verfahrensablauf während des Homogenisierens und Kühlens der Kunststoff-Schmelze mit dem Einschneckenextruder nach Fig. 1,

Fig. 3 eine rein schematische Übersichtsdarstellung von fünf verschiedenen Längenabschnitten a bis e einer erfindungsgemäßen Extruderschnecke, die

Fig. 3a bis 3e in größerem Maßstab und in ausführlicher Darstellung die aus Fig. 3 ersichtlichen Längenabschnitte einer erfindungsgemäßen Extruderschnecke, die

Fig. 4a bis 4e die Abwicklungen der in den Fig. 3a bis 3e dargestellten Längenabschnitte einer Extruderschnecke,

Fig. 5 einen Schnitt entlang der Linie V-V durch die Abwicklung der Extruderschnecke in den Fig. 4b und 4d,

Fig. 6 einen Schnitt entlang der Linie VI-VI durch die Abwicklung der Extruderschnecke in den Fig. 4b und 4d,

Fig. 7 in räumlicher Ansichtsdarstellung und im Längsschnitt ein Teilstück einer Extruderschnecke im Schneckenzyylinder, zu dem die schraubende Transportbewegung der Schmelze im Schneckenkanal angedeutet ist, während

Fig. 8 einen Querschnitt durch einen Schneckenkanal mit dem üblichen Temperaturprofil der Schmelze wiedergibt.

In Fig. 1 der Zeichnung ist ein Einschneckenextruder 1 dargestellt, der nicht nur zum Aufschmelzen von Kunststoff-Granulat dient, sondern darüber hinaus auch zum Homogenisieren und Kühlen der Kunststoffschmelze geeignet ist. Insbesondere eignet sich dieser Einschneckenextruder 1 zum Homogenisieren und Kühlen einer mit einem Treibmittel begasten Kunststoff-Schmelze, wobei die Kunststoffschmelze bspw. Polystyrol und das Treibmittel Freon 12 sein kann.

Zur Aufnahme des Kunststoff-Granulats dient ein Vorratstrichter 2, während das Treibmittel sich in einem Vorratsbehälter 3 befindet, der über eine Leitung 4 und ein Dosierventil 5 an den Schneckenzyylinder 6 bzw. das Schneckengehäuse 7 angeschlossen ist. Das Schneckengehäuse 7 ist auf seiner ganzen Länge von Kühlvorrichtungen 8 oder auch Heizvorrichtungen umgeben. Die Extruderschnecke 9 ist als zweigängige Schnecke ausgeführt und steht mit einem Drehantrieb 10 in Verbindung.

Die zweigängig ausgelegte Extruderschnecke 9 hat zwei Schneckengänge 11 und 12, die über die gesamte Schneckenlänge durch die Schneckenstege 13 und 14 voneinander getrennt sind, die schraubenförmig um den Schneckenkern 15 herum verlaufen.

Durch die ständige Drehbewegung der Extruderschnecke 9 innerhalb des vom Schneckengehäuse 7 um-

grenzten Schneckenzyylinder 6 wird die durch Aufschmelzen des Kunststoff-Granulats entstehende Kunststoff-Schmelze in zwei volumetrisch im wesentlichen gleichen Schmelzesträngen in Richtung zum Extruderausgang 16 transportiert, und zwar unter ständiger Ausführung einer schraubenden Transportbewegung innerhalb des Schneckenzyinders 6.

Durch die ständig in Drehung befindliche Extruderschnecke 9 wird die Kunststoffschmelze zwangsläufig auf beträchtlich über dem Schmelzpunkt des Kunststoff-Granulats liegende Temperaturen aufgeheizt, die eine einwandfreie Verarbeitung nach dem Ausbringen aus dem Extruder 1 nicht gewährleistet. Deshalb ist es erforderlich, die Kunststoffschmelze auf ihrem Weg zum Extruderausgang 16 durch die Kühlvorrichtungen 8 auf eine Temperatur zu bringen, die möglichst optimale Ergebnisse bei der Weiterverarbeitung, bspw. zu Schaumfolien, sicherstellt.

Um eine völlig gleichmäßige Kühlung der in den beiden Schneckenengängen 11 und 12 zwischen den Schneckenstegen 13 und 14 transportierten Schmelzesträngen 17 und 18 zu gewährleisten, ist eine besondere verfahrenstechnische Behandlung derselben während ihrer schraubenden Transportbewegung durch den vom Schneckengehäuse 7 begrenzten Schneckenzyylinder 6 vorgesehen, die zunächst anhand der schaubildlichen Darstellung der Fig. 2 erläutert wird.

An dieser Stelle sei erwähnt, daß die gegebenen Erläuterungen nicht nur auf die bei Einschneckenextrudern vorliegenden Verhältnisse zutreffen, sondern auch für die sogenannten Tandemextruder, bei denen Kühl- und Plastifizier- bzw. Begasungsschnecken voneinander getrennt sind und jeweils separat angetrieben werden.

Die in Fig. 2 jeweils gezeigten Querschnitte A, B, C, D und E für die beiden Kunststoffstränge ergeben sich im Extruder 1, und zwar für die beiden Schneckenengänge 11 und 12 jeweils im Bereich der in Fig. 1 gekennzeichneten Querschnittsebenen A, B, C, D und E. Das bedeutet, daß im Bereich der Querschnittsebenen A der Fig. 1 beide Schmelzestränge 17 und 18 bzw. beide Schneckenengänge 11 und 12 übereinstimmende Querschnittsabmessungen aufweisen.

Auf der Querschnittsebene B der Fig. 1 hat der Schmelzestrang 17 bzw. der ihn enthaltende Schneckenengang 11 nur den halben Querschnitt der Ebene A, während der Schmelzestrang 18 im Bereich der Querschnittsebene B gegenüber der Querschnittsebene A die eineinhalbfache Querschnittsfläche hat. Umgekehrt verhält es sich im Bereich der Querschnittsebene C der Fig. 1, d.h. dort weist der Schmelzestrang 17 die eineinhalbfache Querschnittsfläche gegenüber den Querschnittsebenen A auf, während der Schmelzestrang 18 nur eine Querschnittsfläche einnimmt, die dem halben Querschnitt in den Querschnittsebenen A der Fig. 1 entspricht. In den Querschnittsebenen D der Fig. 1 haben sich wieder die gleichen Querschnittsverhältnisse zwischen den beiden Schmelzesträngen 17 und 18 eingestellt wie in den Querschnittsebenen B, während in den Querschnittsebenen E der Fig. 1 wieder Querschnittsverhältnisse eintreten, die denjenigen der Querschnittsebenen A entsprechen.

In jedem Falle wird von den beiden Schneckenengängen 11 und 12 ständig ein fest vorgegebener Volumenstrom der Kunststoffschmelze transportiert. Während der Transportbewegung werden jedoch die Querschnitte der beiden unmittelbar benachbarten Schmelzestränge 17 und 18 in zueinander umgekehrtem Verhältnis verändert. Diese Querschnittsveränderung der Schmelze-

stränge 17 und 18 wird dadurch bewirkt, daß einerseits entsprechende Querschnittsveränderungen innerhalb der beiden Schneckenengänge 11 und 12 relativ zum Schneckenzyylinder 6 vorgesehen sind, und in mehrfach aufeinanderfolgendem Wechsel auftreten, während andererseits die Möglichkeit geschaffen ist, daß jeweils aus dem der Querschnittsminderung unterworfenen Schmelzestrang eine entsprechende Schmelze-Teilmenge dem der Querschnittsvergrößerung unterliegenden Schmelzestrang zugeführt wird.

In Fig. 2 ist zu sehen, daß der Schmelzestrang 17 in der Querschnittsebene A aus den beiden Teilmengen T1 und T2 besteht, die in gleich dicken Schichten übereinanderliegen. In entsprechender Weise besteht auch der Schmelzestrang 18 in der Querschnittsebene A aus zwei gleichgroßen Teilmengen T3 und T4, die ebenfalls in Schichten übereinanderliegen.

In der Querschnittsebene B nach Fig. 2 enthält der Schmelzestrang 17 nur noch die Teilmenge T1, während in den Schmelzestrang 18 die Teilmenge T2 aus dem Schmelzestrang 17 übergeführt wurde, so daß dort der Schmelzestrang 18 aus den Teilmengen T2, T4 und T3 besteht, die in gleichmäßigen Schichten übereinanderliegen. In der Querschnittsebene C umfaßt der Schmelzestrang 18 lediglich noch die Teilmenge T2, während aus ihm die Teilmengen T3 und T4 in den Schmelzestrang 17 übergeführt wurden und dort oberhalb der Teilmenge T1 angelagert sind. Die in der Querschnittsebene B im Schmelzestrang 18 unten gelegene Teilmenge T3 ist also in der Querschnittsebene C als obere Teilmenge im Schmelzestrang 17 angelagert, d.h. es hat sich eine verdrehte Schichtenlage eingestellt, die durch gekrümmte Pfeile angedeutet ist.

Wenn die Querschnittsebene D erreicht wird, dann umfaßt gemäß Fig. 2 der Schmelzestrang 17 nur noch die Teilmenge T3, welche ursprünglich, also in der Querschnittsebene A, im Schmelzestrang 18 angelagert war. Andererseits umfaßt in der Querschnittsebene D der Schmelzestrang 18 die Teilmengen T1, T4 und T2, von welchen nur die in der Mitte gelegene Teilmenge T4 ursprünglich aus dem Schmelzestrang 18 stammt, wie das in der Querschnittsebene A der Fig. 2 erkennbar ist. Die Teilmengen T1 und T2 stammen jedoch ursprünglich aus dem Schmelzestrang 17, wie das in der Querschnittsebene A der Fig. 2 erkennbar ist. Sie nehmen jedoch relativ zueinander eine gegenüber der Querschnittsebene A verdrehte Höhenlage ein und sind außerdem voneinander noch durch die Teilmenge T4 getrennt.

In der Querschnittsebene E haben beide Schmelzestränge 17 und 18 wieder übereinstimmende Querschnitte, wobei der Schmelzestrang 17 seine ursprüngliche Teilmenge T2 und die ursprüngliche Teilmenge T3 aus dem Schmelzestrang 18 umfaßt, während der Schmelzestrang 18 dort von seiner ursprünglichen Teilmenge T4 sowie der ursprünglichen Teilmenge T1 aus dem Schmelzestrang 17 besteht. Auch in der Querschnittsebene E hat wieder, wie die gekrümmten Pfeile kenntlich machen, eine Lageverdrehung der von den Teilmengen gebildeten Schmelzeschichten stattgefunden.

Die Verlagerung und Umschichtung der Teilmengen T1, T2, T3 und T4 innerhalb der Schmelzestränge 17 und 18 wird aufgrund der in den Schneckenengängen 11 und 12 vorgesehenen differentiellen Querschnittsänderungen zwangsläufig durch die schraubende Transportbewegung der Schneckenstege 13 und 14 vorgenommen, indem nämlich die Schneckenstege 13 und 14 an durch die differentiellen Querschnittsänderungen bestimmten

Stellen Unterbrechungen bzw. Ausschnitte haben, die einen Masseaustausch zwischen den beiden benachbarten Schnecken­gängen 11 und 12 der Extruderschnecke 9 ermöglichen.

Da durch den jeweils zwischen den Querschnittsebenen A und E nach Fig. 1 stattgefundenen, mehrfachen gegenseitigen Masseaustausch zwischen den beiden Schmelzesträngen 17 und 18 und die dabei zugleich bewirkte, mehrfache gegenseitige Umschichtung der Teilmengen T1, T2, T3 und T4 wird erreicht, daß sämtliche diesen Teilmengen T1 bis T4 entsprechenden Schichten der Kunststoffschmelze genügend intensiv in den Begrenzungsflächen des Schnecken­zylinders 6 im Schnecken­gehäuse 7 in Kontaktberührung gelangen und folglich auch gleichmäßig durch die Kühlvorrichtungen 8 gekühlt werden können. Eine optimale Schmelzetemperatur am Extruderausgang 16 wird hierdurch gewährleistet.

In Fig. 2 der Zeichnung sind außer den die Vorschubrichtung die Austauschrichtung und die Drehrichtung für die Teilmengen T1 bis T4 kennzeichnenden Pfeile den einzelnen Teilmengen T1 bis T4 bzw. Schmelzschichten noch besondere Fähnchen zugeordnet, die den Bewegungsablauf von innen nach außen kennzeichnen, welcher sich bei der Schmelzeumschichtung durch eine bestimmte Wechselwirkung von abnehmenden und zunehmenden Querschnittsabmessungen in den Schnecken­gängen 11 und 12 sowie den gleichzeitigen Schmelze­austausch zwischen den benachbarten Schnecken­kanälen 11 und 12 ergibt.

Die veränderte Lage dieser Fähnchen innerhalb der einzelnen Querschnittsebenen A bis E macht dabei deutlich, daß sämtliche langen Querschnitts-Seitenflächen der durch die einzelnen Teilmengen T1 bis T4 bestimmten Schmelzschichten während der schraubenartigen Transportbewegung der Schmelzestränge 17 und 18 zu irgendeinem Zeitpunkt mit den inneren Begrenzungsflächen des im Schnecken­gehäuse 7 ausgebildeten Schnecken­zylinders 6 in Kontaktberührung kommen und damit einer Kühlbeeinflussung unterworfen werden. Eine gleichmäßige Durchkühlung des gesamten von der Extruderschnecke 9 geförderten Schmelze­volumens ist dadurch sichergestellt.

Anhand der Fig. 3 bis 6 wird nachfolgend die bauliche Ausgestaltung einer die Ausübung der vorstehend erläuterten Verfahrensart ermöglichenden Extruderschnecke 109 erläutert, die in Fig. 3 der Zeichnung nur schematisch dargestellt ist, in den Fig. 3a bis 3e jedoch in allen Einzelheiten gezeigt wird.

Die Extruderschnecke 109 gemäß Fig. 3 ist in den Fig. 3a bis 3e als viergängige Extruderschnecke dargestellt, d.h. sie hat vier schraubenförmig über die ganze Länge um ihren Kern herumlaufende Schnecken­gänge 111, 112, 113 und 114, die seitlich von den Schnecken­stegen 115, 116, 117 und 118 begrenzt werden, als innere Begrenzung den Schnecken­kern 110 haben und deren äußere Begrenzung vom Schnecken­zylinder 106 im Schnecken­gehäuse 107 begrenzt werden.

In den Fig. 3a bis 3e sind auch die das Schnecken­gehäuse 107 umfassenden Kühlvorrichtungen 108 gezeigt.

Die in den Fig. 3a, 3c und 3e dargestellten Längenbereiche der Extruderschnecke 109 haben, abgesehen von einer wichtigen Ausnahme, den üblichen Aufbau einer viergängigen Extruderschnecke. Der Schnecken­kern 110 hat dort nämlich auf seiner ganzen Länge eine zylindrische Mantelfläche 119, während die Schnecken­stege 115, 116, 117 und 118 eine hierzu konzentrisch verlaufende Außenkontur aufweisen, die nur relativ geringes

Spiel zu den inneren Begrenzungsflächen des Schnecken­zylinders 106 im Schnecken­gehäuse 107 hat.

Die Ausnahme besteht darin, daß jeder der Schnecken­stege 115, 116, 117 und 118 in bestimmten Winkelabständen um die Längsachse der Extruderschnecke 109 versetzt angeordnete Unterbrechungen bzw. Ausschnitte 121, 122, 123 und 124 versehen, und zwar so, daß innerhalb eines Steigungsabstandes jedes Schnecken­steiges 115, 116, 117 und 118 zwei Unterbrechungen bzw. Ausnehmungen 121, 122, 123 und 124 vorhanden sind, und ihr Winkelabstand voneinander etwa im Bereich um 180° liegt.

Die in den Fig. 3b und 3d dargestellten Längenabschnitte der Extruderschnecke 109 haben in verfahrenstechnischer Hinsicht, also zum Homogenisieren und Kühlen der Kunststoffschmelze, die gleiche Bedeutung wie die beiden Abschnitte der Extruderschnecke 9 nach Fig. 1, welche jeweils von den Querschnittsebenen A und E begrenzt sind.

Ihr Wirkprinzip ist also solcherart, daß sich dort mindestens die gleichen Abläufe hinsichtlich des Masse­austauschs zwischen benachbarten Schmelzeströmen sowie der Teilmengen-Umschichtung innerhalb derselben ergeben, wie sie in Fig. 2 der Zeichnung gezeigt und anhand der Schaubilder A bis E im einzelnen erläutert worden sind.

Die vorstehend anhand der Fig. 3a, 3c und 3e beschriebenen Längenteilstücke der Extruderschnecke 109 sind getrennt bzw. unabhängig von den in den Fig. 3b und 3d gezeigten Längenteilstücken derselben hergestellt. Die Verbindung der verschiedenen Längenteilstücke miteinander zur Bildung der vollständigen Extruderschnecke 109 kann dabei durch Schraubkupplungen erfolgen. Dabei kann es sich als vorteilhaft erweisen, die das Innengewinde aufweisenden Kupplungsteile jeweils in die Enden der Längenteilstücke einzuarbeiten, die in den Fig. 3a, 3c und 3e gezeigt sind, während die mit dem Außengewinde versehenen Kupplungsteile beidseitig an den Längenteilstücken der Extruderschnecke 109 vorgesehen sind, die in den Fig. 3b und 3d gezeigt werden.

Bei einem Vergleich der Fig. 3b und 3d ergibt sich, daß die dort gezeigten Längenteilstücke der Extruderschnecke zumindest übereinstimmende Längenabmessung aufweisen, vorzugsweise aber insgesamt eine identische Auslegung haben.

Der wirksame Teil der in den Fig. 3b und 3d gezeigten Längenteilstücke der Extruderschnecke 109 hat eine solche Längenabmessung 120, daß auf ihm sämtliche von den Schnecken­stegen 115, 116, 117 und 118 gegeneinander abgegrenzten Schnecken­gänge 111, 112, 113 und 114 sich mindestens über einen vollen Steigungsabstand erstrecken.

Wichtig ist aber auch eine solche Ausgestaltung sämtlicher in den Fig. 3a bis 3e gezeigten Längenteilstücke, daß sie sich beim Zusammenbau zur vollständigen Extruderschnecke 109 lückenlos aneinanderfügen lassen; d.h., daß sich ihre Schnecken­gänge 110, 111, 112, 113 und 114 sowie auch ihre Schnecken­stege 115, 116, 117 und 118 passend aneinanderfügen lassen.

Das wesentliche Unterscheidungsmerkmal der in den Fig. 3b und 3d gezeigten Längenteilstücke 120 für die Extruderschnecke 109 gegenüber den in den Fig. 3a, 3c und 3e gezeigten Längenteilstücken derselben liegt darin, daß ihr Schnecken­kern 110 im Bereich der einzelnen Schnecken­gänge 111, 112, 113 und 114 nicht mit einer zylindrisch begrenzten Mantelfläche 119 ausgestattet ist, sondern vielmehr in den einzelnen Schnecken­gängen

111, 112, 113 und 114 unterschiedlich gestaltete Mantelflächen 125, 126, 127 und 128 aufweist.

Bereits jetzt sei darauf hingewiesen, daß einerseits die Kontur der Mantelflächen 125 und 126 zwischen den beiden unmittelbar nebeneinanderliegenden Schneckenkengängen 111 und 112 sowie auch die Mantelflächen 127 und 128 in den beiden wiederum unmittelbar nebeneinanderliegenden Schneckenkengängen 113 und 114 unterschiedlich konturiert sind, daß dabei aber die Konturen der Mantelflächen 125 und 127 einerseits sowie die Konturen der Mantelflächen 126 und 128 andererseits miteinander übereinstimmen können.

Über den vollen Steigungsabstand eines Schneckenkenganges hinweg weisen die Mantelflächen 125 und 127 der Schneckenkänge 111 und 113 die in Fig. 5 als Abwicklung dargestellte Kontur auf, während die Mantelflächen 126 und 128 der Schneckenkänge 112 und 114 die in Fig. 6, ebenfalls als Abwicklung dargestellte Kontur haben.

Der Beginn eines vollständigen Schneckenkenganges liegt dabei in den Darstellungen der Fig. 5 und 6 rechts, während das Ende desselben links liegt.

Aus Fig. 5 ist die Normaltiefe der Schneckenkänge 111 und 113 gegen den Innenumfang des Schneckenzyklinders 106 am rechten und am linken Ende der Darstellung jeweils durch das Bezugszeichen 129 gekennzeichnet. Die Normaltiefe 129 für die Schneckenkänge 112 und 114 ist aber auch an den gleichen Stellen der Fig. 6 eingetragen.

Aus Fig. 5 ist ersichtlich, daß am Anfang der Schneckenkänge 111 und 113 des Längenteilstücks 120 der Extruderschnecke 109 die Normaltiefe 129 derselben vorherrscht. Durch Ausbildung des in Umfangsrichtung des Schneckenkernes allmählich auf einen größeren Durchmesser ansteigenden Mantelflächen-Abschnitt 130a verringert sich die Tiefe der Schneckenkänge 111 und 113 auf ein Maß 131, welches der Hälfte der Normaltiefe 129 entspricht. Über einen Winkel von 60° schließt sich an den Mantelflächen-Abschnitt 130a der Mantelflächen-Abschnitt 130b an, über welchen hinweg die Schneckenkänge 111 und 113 die gegenüber der Normaltiefe 129 um die Hälfte verringerte Tiefe 131 beibehalten.

An den Mantelflächen-Abschnitt 130b schließt sich sodann über einen Winkelbereich von 60° hinweg ein Mantelflächen-Abschnitt 130c an, welcher in Umfangsrichtung einen solchen Verlauf nimmt, daß an seinem Ende die Schneckenkänge 111 und 113 eine Tiefe 132 aufweist, die um die Hälfte größer ist als die Normaltiefe 129 bzw. dem Dreifachen der verminderten Tiefe 131 entspricht. An den Mantelflächenabschnitt 130c schließt sich dann, wiederum über einen Winkelbereich von 60°, ein Mantelflächenabschnitt 130d an, über dessen Länge hinweg die Tiefe 132 der Schneckenkänge 111 und 113 beibehalten wird.

Im Anschluß an den Mantelflächen-Abschnitt 130d ist ein Mantelflächenabschnitt 130e vorgesehen, der dem Mantelflächenabschnitt 130c entspricht, jedoch spiegelbildlich zu diesem verläuft und zu einer verringerten Tiefe 133 für die Schneckenlänge 111 und 113 führt, die wiederum der Tiefe 131 entspricht und sich, wie diese, über einen Winkelbereich von 60° erstreckt und durch einen Mantelflächenabschnitt 130f begrenzt wird, dessen Kontur mit der Kontur des Mantelflächenabschnitts 130b übereinstimmt.

An den Mantelflächen-Abschnitt 130f schließt sich wiederum ein reziprok zum Mantelflächen-Abschnitt 130a verlaufender Mantelflächen-Abschnitt 130g an, der

sich über einen Winkelbereich von 30° erstreckt und eine solche Lage hat, daß an seinem Ende wieder die Normaltiefe 129 für die Schneckenkänge 111 und 113 erreicht ist.

Auch die in Fig. 6 dargestellte Kontur der Mantelflächen 126 und 128 für den Schneckenkern 110 im Bereich der Schneckenkänge 112 und 114 setzt sich aus einer größeren Anzahl von Mantelflächen-Abschnitten 134a bis 134h zusammen, die sich über einen Vollwinkelbereich von 360° hinweg bzw. über eine volle Schneckensteigung in bestimmter Weise aneinanderreihen.

Aus Fig. 6 ist ersichtlich, daß der Mantelflächen-Abschnitt 134a sich an den vorhergehenden Mantelflächenabschnitt, der die Normaltiefe 129 für die Schneckenkänge 112 und 114 begrenzt, über einen Winkel von 30° hinweg anschließt. Er hat dabei einen solchen Verlauf, daß sich die Tiefe der Schneckenkänge 112 und 114 allmählich gegenüber der Normaltiefe 129 um die Hälfte auf die Tiefe 135 vergrößert. Über einen Winkel von 30° hinweg wird diese Tiefe 135 der Schneckenkänge 112 und 114 durch einen Mantelflächenabschnitt 134b begrenzt. An diesen schließt sich sodann über einen Winkel von 60° hinweg der Mantelflächen-Abschnitt 134c an, welcher wiederum so verläuft, daß an seinem Ende eine Tiefe 136 der Schneckenkänge 112 und 114 erreicht wird, die gleich der Hälfte der Normaltiefe 129 und gleich einem Drittel der Maximaltiefe 135 für diese Schneckenkänge entspricht.

Die Minimaltiefe 136 für die Schneckenkänge 112 und 114 wird über einen Winkelbereich von 90° hinweg durch den Mantelflächenabschnitt 134d begrenzt, an welchen sich dann wieder über einen Winkelbereich von 60° ein Mantelflächen-Abschnitt 134e anschließt, der dem Mantelflächenabschnitt 134c entspricht, jedoch zu diesem reziprok verläuft.

Am Ende des Mantelflächenabschnitts 134e wird wieder eine Tiefe 137 für die Schneckenkänge 112 und 114 erreicht, die dem Dreifachen der Minimaltiefe 136 entspricht und gleich der Maximaltiefe 135 ist. Die Maximaltiefe 137 der Schneckenkänge 112 und 114 wird über einen Winkelbereich von 45° durch den Mantelflächenabschnitt 134f bestimmt, an den sich dann über einen Winkelbereich von 30° der Mantelflächenabschnitt 134g anschließt, welcher dem Mantelflächenabschnitt 134a entspricht, jedoch einen zu diesem reziproken Verlauf nimmt. Am Ende des Mantelflächenabschnitts 134g ist für die Schneckenkänge 112 und 114 wieder die Normaltiefe 129 erreicht, und zwar etwa 15° vor dem Ende einer vollen Schneckensteigung, so daß der Winkelbereich von 15° bis zur vollen Schneckensteigung schon von einem Mantelflächen-Abschnitt 134h bestimmt wird, der dem normalen, zylindrisch begrenzten Kernumfang der Extruderschnecke 109 entspricht.

Die Fig. 5 und 6 machen auch deutlich, welche Relativlage die Mantelflächenabschnitte 130a bis 130g der Mantelfläche 125 des Schneckenkenganges 111 in Richtung der Schneckensteigung zu den Mantelflächenabschnitten 134a bis 134h der Mantelfläche 126 des Schneckenkenganges 112 zueinander haben. Desgleichen machen sie aber auch die entsprechende Relativlage der Mantelflächen 127 und 128 in den Schneckenkengängen 113 und 114 zueinander deutlich.

Besonders deutlich ist die Relativlage der Mantelflächen-Abschnitte 130a bis 130g in den Schneckenkengängen 111 und 113 zu den Mantelflächenabschnitten 134a bis 134h in den Schneckenkengängen 112 und 114 aus den abgewinkelten Draufsichten in den Fig. 4b und 4d ersichtlich. Aber auch in den Fig. 3b und 3d sind die Mantelflä-

chenabschnitte 130a bis 130g bzw. 134a bis 134h zumindest teilweise zu sehen, wobei dort insbesondere die unterschiedlichen Tiefen der Schneckengänge 111 bis 114 gegenüber dem Innenumfang des Schneckenzyinders 106 im Schneckengehäuse 107 deutlich werden.

Für die Ausübung des Verfahrens zum Homogenisieren und Kühlen der Kunststoffschmelze reicht es jedoch nicht allein aus, die Umfangsflächen 125, 126, 127 und 128 des Schneckenkerns 110 im Bereich der Schneckengänge 111, 112, 113 und 114 durch Aneinanderreihung von Mantelflächenabschnitten 130a bis 130g bzw. 134a bis 134h zu bilden, die relativ zum zylindrischen Innenumfang des Schneckenzyinders 106 bzw. zum Hüllmantel der Schneckenstege 115, 116, 117 und 118 unterschiedliche Radial-Abstände aufweisen. Vielmehr ist es hierzu auch noch notwendig, in den Schneckenstegen 115, 116, 117 und 118 zwischen zwei unmittelbar nebeneinanderliegenden Schneckengängen, also bspw. mindestens im Schneckensteg 116 zwischen den Schneckengängen 111 und 112 und dem Schneckensteg 118 zwischen den Schneckengängen 113 und 114, besondere Unterbrechungen bzw. Ausschnitte vorzusehen.

Solche Unterbrechungen bzw. Ausschnitte können jedoch zusätzlich und an anderen Stellen auch einerseits im Schneckensteg 117 zwischen den Schneckengängen 112 und 113 sowie andererseits im Schneckensteg 115 zwischen dem Schneckengang 114 und dem Schneckensteg 111 vorgesehen werden.

In den Abwicklungen nach den Fig. 5 und 6 ist die Formgebung und Lage der in den Schneckenstegen 115, 116, 117 und 118 vorzusehenden Ausschnitte dargestellt. Dabei ist zu sehen, daß über eine volle Schneckensteigung hinweg in bestimmten Abständen voneinander vier Unterbrechungen bzw. Ausschnitte, 138a, 138b, 138c und 138d vorhanden sind. Diese Unterbrechungen bzw. Ausschnitte 138a, 138b, 138c und 138d sind aber auch in den abgewinkelten Draufsichten der Fig. 4b und 4d angedeutet.

In Fig. 4b ist dabei zu sehen, daß sich die Unterbrechungen bzw. Ausschnitte 138a, 138b, 138c und 138d jeweils in den Schneckenstegen 116 und 118 befinden, welche zwischen den Schneckengängen 111 und 112 bzw. 113 und 114 ausgebildet sind. Hingegen ergibt sich aus Fig. 4d, daß dort die Unterbrechungen bzw. Ausschnitte 138a, 138b, 138c und 138d jeweils in den Schneckenstegen 115 und 117 vorgesehen sind, die zwischen den Schneckengängen 112 und 113 bzw. 114 und 111 liegen.

Besonders deutlich ergibt sich aus den Fig. 5 und 6, daß die einzelnen Unterbrechungen bzw. Ausschnitte 138a, 138b, 138c und 138d voneinander verschiedene Formgebung haben und sich in Längsrichtung der betreffenden Schneckenstege 115, 116, 117 und 118 auch über unterschiedliche Winkelbereiche erstrecken. Dabei ist erkennbar, daß die Unterbrechungen bzw. Ausschnitte 138a und 138d sich jeweils über einen Winkelbogen von 30° erstrecken und zueinander spiegelbildliche Lage haben. Die Unterbrechung bzw. der Ausschnitt 138b erstreckt sich über einen Winkelbogen von etwa 75°, während die Unterbrechung bzw. der Ausschnitt 138c über einen Winkelbogen von etwa 68° verläuft.

Die Umrißform für die einzelnen Unterbrechungen bzw. Ausschnitte 138a, 138b, 138c und 138d ist maßgebend für den Masseaustausch der Kunststoffschmelze, welcher während der schraubenartigen Transportbewegung der Kunststoffschmelze zwischen den Schmelzesträngen stattfinden soll, die gemäß den Fig. 3b und 4b

einerseits in den Schneckengängen 111 und 112 und andererseits in den Schneckengängen 113 und 114 transportiert werden. Gemäß den Fig. 3d und 4d gilt dies hingegen für den Masseaustausch der Kunststoffschmelze zwischen den Schmelzesträngen, die einerseits in den Schneckengängen 112 und 113 sowie andererseits in den Schneckengängen 114 und 111 transportiert werden.

Wenn man die Darstellungen der Fig. 5 und 6 mit den Schaubildern A bis E der Fig. 2 in Beziehung setzt und bspw. in Verbindung mit den Schneckengängen 111 und 112 betrachtet, dann herrscht am rechten Ende der Fig. 5 der gleiche Zustand wie auf der linken Seite des Schaubildes A der Fig. 2. Am rechten Ende der Fig. 6 liegt der gleiche Zustand an wie im rechten Teil des Schaubildes A der Fig. 2. Da sich, z.B. im Schneckensteg 116 zwischen den beiden Schneckengängen 111 und 112 die Unterbrechung bzw. der Ausschnitt 138a befindet, wird durch diese bzw. diesen die Teilmenge T2 aus dem im Schneckengang 111 befindlichen Schmelzestrang in den im Schneckengang 112 befindlichen Schmelzestrang übergeführt. Dieser Vorgang findet über einen Winkelbereich von 30° hinweg statt, innerhalb welchem in den Schneckengängen 111 und 112 die Mantelflächenabschnitte 130a und 134a einander benachbart sind. Während dann der Schmelzestrang innerhalb des Schneckenganges 111 gemäß Schaubild B der Fig. 2 nur noch die Teilmenge T1 umfaßt, wurde der Schmelzestrang im Schneckengang 112 um die Teilmenge T2 in seinem Volumen vergrößert, wobei er gemäß Schaubild B der Fig. 2 die Teilmengen T2, T4 und T3 umfaßt.

Die im Schneckengang 111 verbliebene Teilmenge T1 des Schmelzestrangs wird in Steigungsrichtung über einen Winkelbogen von 60° ohne weitere Beeinflussung transportiert. Hingegen findet ein gemeinsamer Transport der Teilmengen T2, T4 und T3 im Schmelzestrang des Schneckenganges 112 ohne Beeinflussung nur über einen Winkelbogen von 30° in Steigungsrichtung statt. Anschließend werden hingegen aus dem Schmelzestrang des Schneckenganges 112 die beiden Teilmengen T4 und T3 mit Hilfe der Unterbrechung bzw. dem Ausschnitt 138b in den Schneckengang 111 übergeführt, so daß dann im Schneckengang 112 nur noch die Teilmenge T2 verbleibt. Bei der Überführung der Teilmengen T4 und T3 in den Schneckengang 111 werden diese, bedingt durch die Konturen der Unterbrechung bzw. des Ausschnittes 138b während ihrer Überführung in sich gedreht, so daß entsprechend dem Schaubild C der Fig. 2 die Teilmengen T3 und T4 oberhalb der Teilmenge T1 zu liegen kommen, während im Schneckengang 12 nur noch die Teilmenge T2 weitertransportiert wird.

Wenn nun der Schmelzestrang im Schneckengang 111 die Unterbrechung bzw. den Ausschnitt 138c erreicht, werden durch deren Kontur und die Schneckenbewegung bedingt aus diesem Schmelzestrang gemäß dem Schaubild D der Fig. 2 die Teilmengen T1 und T2 in den Schmelzestrang des Schneckenganges 112 übergeführt, der dort nur aus der Teilmenge T2 besteht und zuvor auch in sich gedreht wurde. Auch beim Übertritt der Schmelzestränge T1 und T4 durch die Unterbrechung bzw. den Ausschnitt 138c findet eine Drehung derselben statt, so daß die Teilmengen T1 und T4 über der Teilmenge T2 zu liegen kommen. Im Schmelzestrang des Schneckenganges 111 befindet sich somit gemäß Schaubild D der Fig. 2 nur noch die Teilmenge T3, während der Schmelzestrang im Schneckengang 112 nunmehr die drei Teilmengen T1, T4 und T2 umfaßt.

Gelangt schließlich der Schmelzestrang im Schnecken-
gang 112 in den Bereich der Unterbrechung bzw.
des Ausschnitts 138d, dann wird aus ihm die Teilmenge
T2 abgezweigt und in den Schnecken-
gang 111 zurückgeführt, der zuvor nur die Teilmenge T3 umfaßt hat.
Dabei findet nicht nur eine Drehung der Teilmenge 2
statt, sondern es wird zugleich auch eine Drehung der
Teilmengen T1 und T4 bewirkt, so daß sich am Ende
der Schneckensteigung die Situation gemäß Schaubild E
der Fig. 2 ergibt, wonach also der Schmelzestrang im
Schnecken-
gang 111 die Teilmengen T2 und T3 der
Schmelzestrang im Schnecken-
gang 112 die Teilmengen
T4 und T1 umfaßt.

Es liegt auf der Hand, daß durch diesen erzwungenen
Transportablauf der Kunststoffschmelze innerhalb der
Schmelzestränge eine optimale Kühlung der Schmelze
erreicht werden kann, weil sämtliche Schmelzeschichten
zu irgendeinem Zeitpunkt mit dem Innenumfang des
Schnecken-
zylinders 106 in Kontaktberührung kommen
und folglich der Wirkung der das Schnecken-
gehäuse
107 umgebenden Kühlvorrichtungen 108 ausgesetzt
sind.

Optimiert wird diese Kühlwirkung auch dadurch, daß
innerhalb des in den Fig. 3d und 4d gezeigten Längen-
abschnitts 120 der Extruderschnecke 109 ein den Schau-
bildern A bis E der Fig. 2 entsprechender Verfahrens-
ablauf zwischen denjenigen Schmelzesträngen stattfindet,
die einerseits an den Schnecken-
gängen 112 und 113 und
andererseits von den Schnecken-
gängen 114 und 111 ge-
fördert werden.

Die Durchlaßquerschnitte der Unterbrechungen bzw.
Ausschnitte 138a, 138b, 138c und 138d in den Schne-
cken-
stegen 116 und 118 bzw. 115 und 117 sind jeweils so
aufeinander abgestimmt, daß ein leichtes Übertreten
der Schmelze-
Teilmengen vom einen in den anderen
Schnecken-
gang sowie auch wieder umgekehrt gewähr-
leistet ist. Der jeweilige Öffnungsquerschnitt ist also im-
mer mindestens so groß, wie die Querschnittsabnahme
in demjenigen Schnecken-
gang, aus welchem die betref-
fende Schmelze-
Teilmenge bzw. -
Teilmengen abgeführt
wird bzw. werden.

Da jedem der beiden in den Fig. 3b und 3d dargestell-
ten Längenteilstücke 120 der Extruderschnecke 109 die
in den Fig. 3a, 3c und 3e gezeigten Längenabschnitte
vor und/oder nachgeordnet sind, wird das erzielbare
Homogenisierungs- und/oder Kühlergebnis noch weiter
verbessert, weil dort in den Schnecken-
stegen 115, 116,
117 und 118 die Durchbrüche 121, 122, 123 und 124
vorhanden sind, die Versetztlage gegeneinander haben
und jeweils einen Schmelze-
austausch zwischen den un-
mittelbar nebeneinanderliegenden Schnecken-
gängen 111, 112, 113 und 114 erzwingen. Gleichzeitig wird durch
das Vorhandensein der Durchbrüche 121, 122, 123 und
124 ein Druckausgleich zwischen allen vier Schnecken-
gängen 111, 112, 113 und 114 gewährleistet und damit
eine gleichmäßige Schmelze-
förderung in allen Schne-
cken-
gängen sichergestellt.

Zur Begünstigung des Schmelzefflusses durch die Un-
terbrechungen, Ausschnitte und Durchbrüche ist es
wichtig, daß deren Begrenzungskanten zumindest gut
abgerundet werden, vorzugsweise jedoch Leitflächen
bilden, die sich in Richtung des gewünschten Schmelze-
flusses erstrecken.

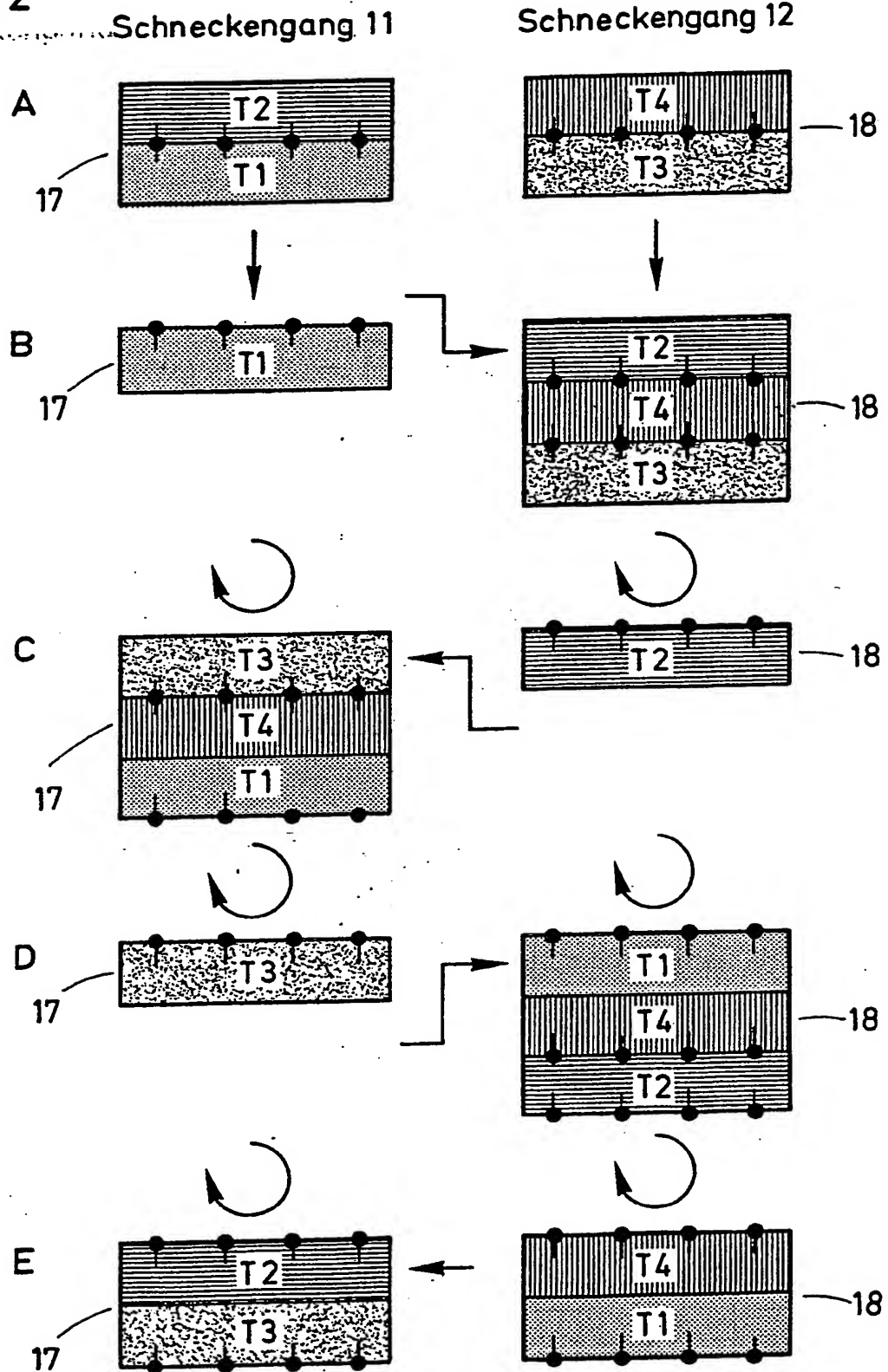
Wie sich die Schmelze der Schmelzestränge bei Dre-
hung der Extruderschnecke 9 innerhalb der einzelnen
Schnecken-
gänge 11 und 12 mit Wendelströmung verla-
gert, ist qualitativ anschaulich in Fig. 7 der Zeichnung
dargestellt. Dabei ist zu sehen, daß innerhalb der einzel-

nen Schnecken-
gänge 11 bzw. 12 in Richtung der
Schnecken-
steigung eine schraubenartige Transportbe-
wegung der Schmelze stattfindet, die quer zum Schne-
cken-
gang gerichtete Bewegungskomponenten hat, die
jeweils in der kernnahen und der zylindernahen Quer-
schnittszone zueinander entgegengesetzte Bewegungs-
richtungen haben.

In Fig. 8 der Zeichnung sind schematisch vereinfacht
sogenannte Isothermen dargestellt. Dabei ist erkennbar,
daß normalerweise im Kernbereich K jedes Schmelze-
stranges praktisch keine Querströmung zustande-
kommt und demzufolge die dort lagernden Schmelze-
schichten auch auf der hohen Temperatur T_{max} verblei-
ben, während die an der Wendelströmung teilnehmen-
den Schmelzeschichten ständig in Richtung auf die Tem-
peratur T_{min} gekühlt werden.

Durch die vorstehend beschriebene Verfahrensart so-
wie die besondere Auslegung des zu ihrer Ausübung
bestimmten Extruders, wird jedoch gewährleistet, daß
auch die im Kernbereich K jedes Schmelze-
stranges be-
findlichen Schmelzeschichten verlagert und an die ver-
fügbaren Kühlflächen herangeführt werden.

Fig. 2



608849/0079

3/16

61 205
23.4.85
η

-13-

3519291

Fig. 3

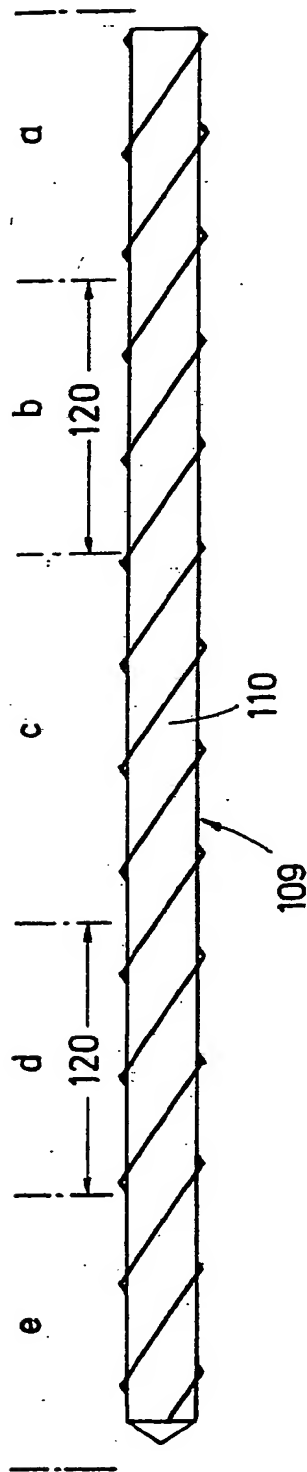
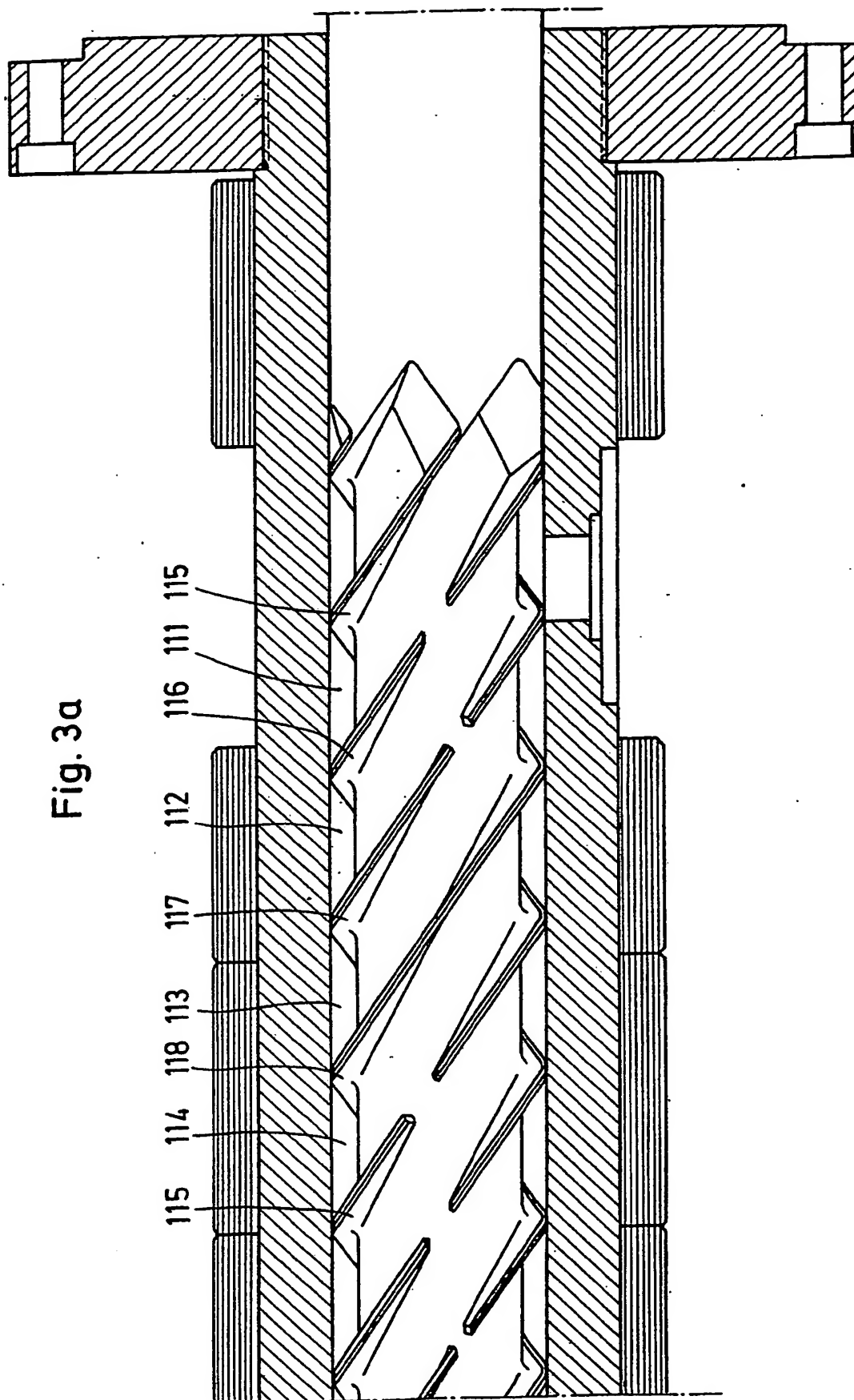


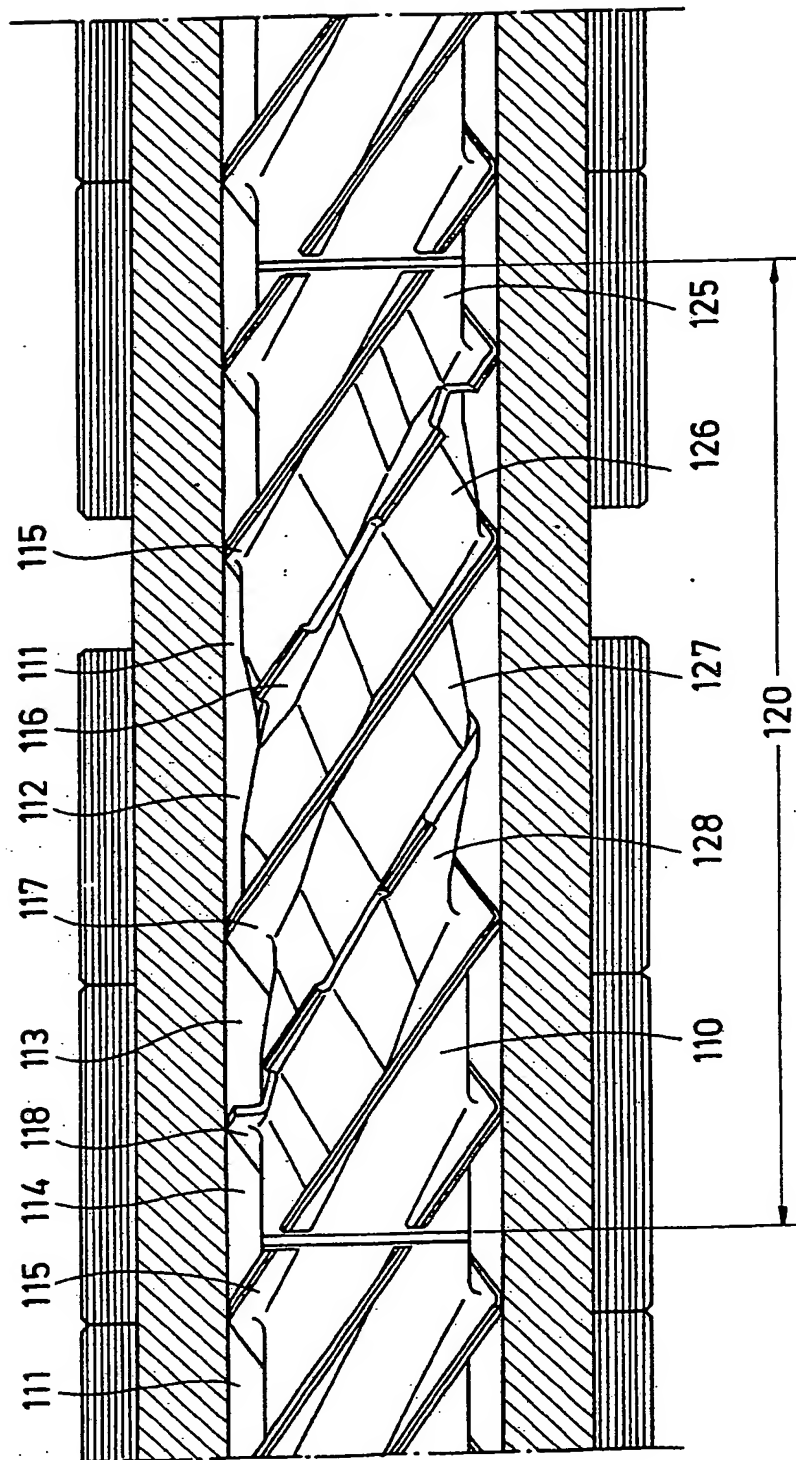
Fig. 3a



- 15- 30 05 05

3519291

Fig. 3b



3519291

Fig. 3c

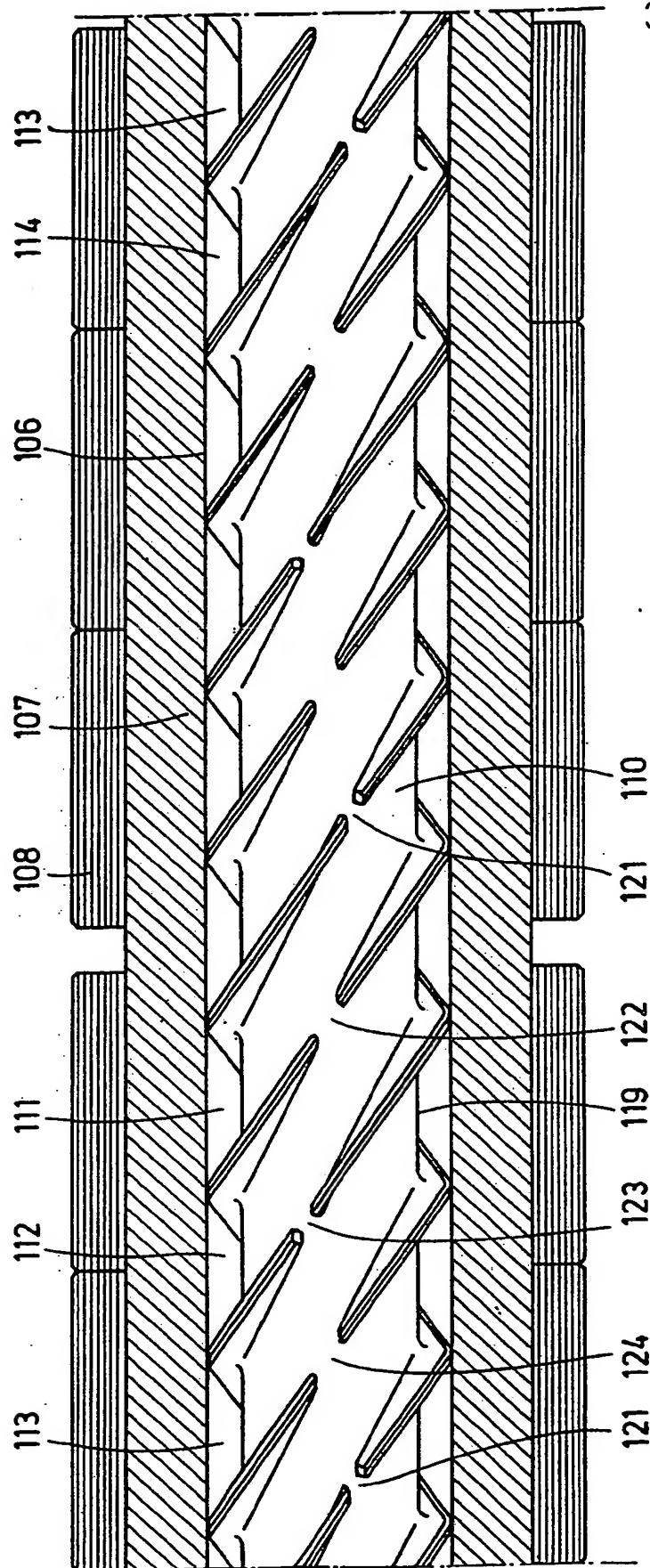


Fig. 3d

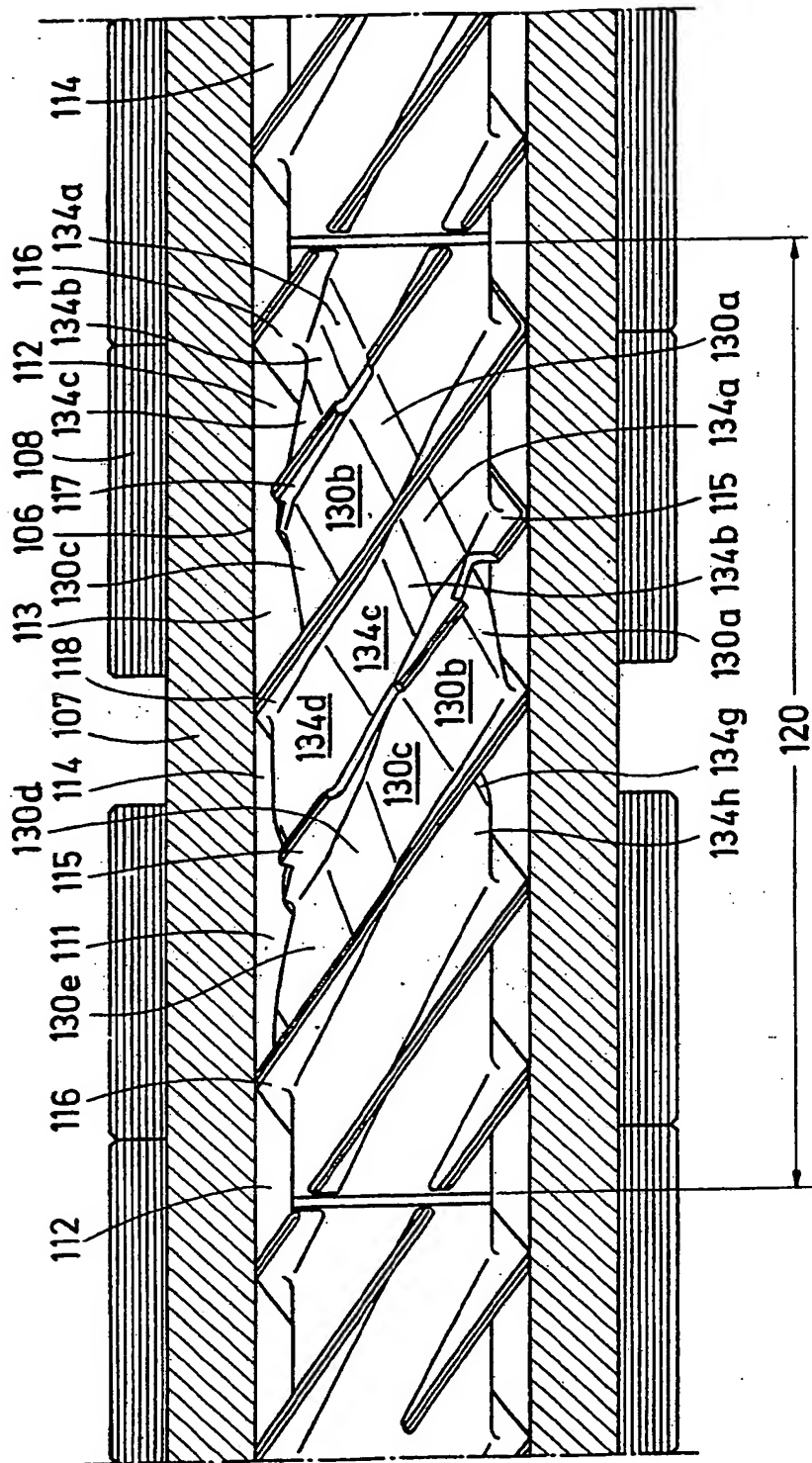
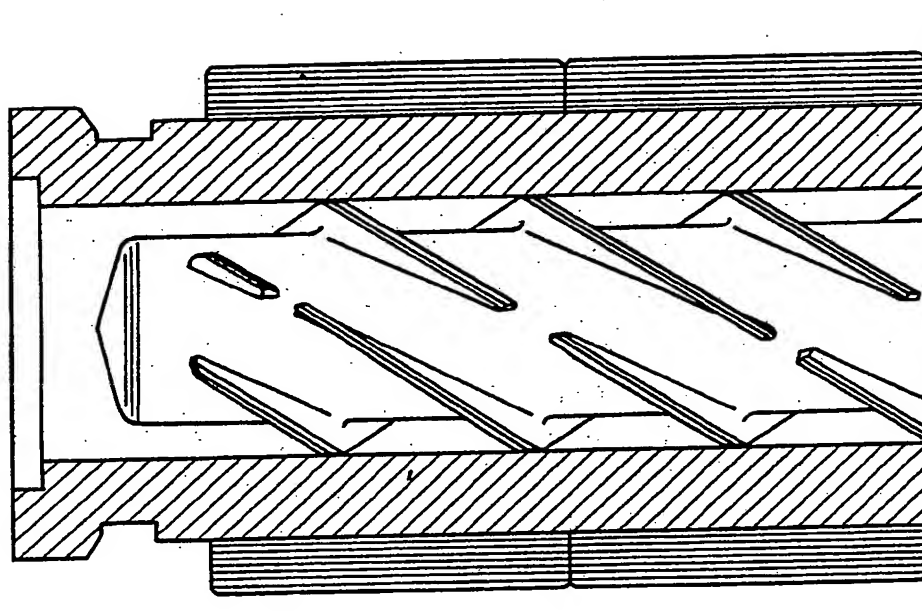


Fig. 3e



608849/0079

9/16

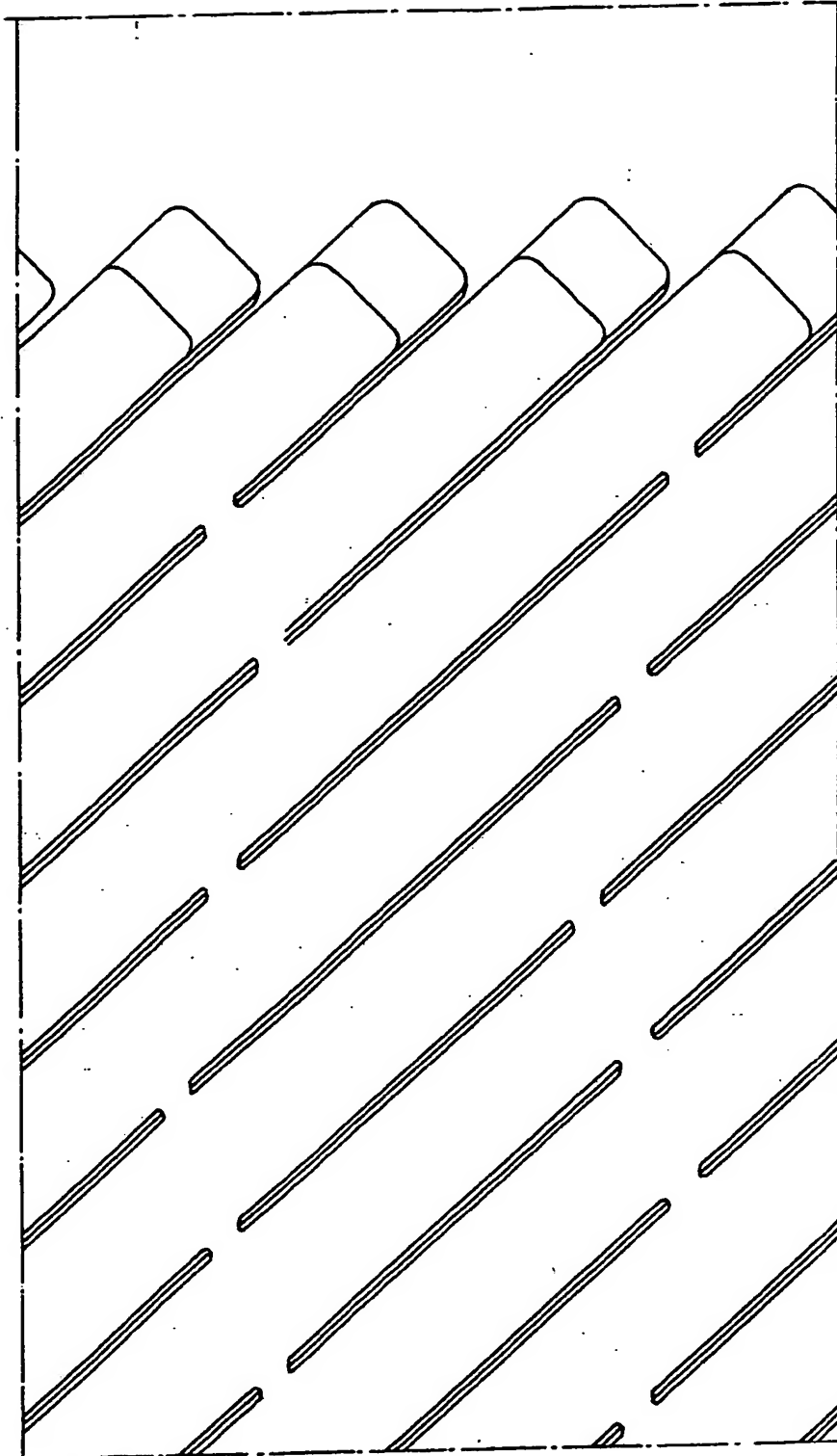
61 205
23.4.85
T₂₀

3519291

- 19 -

3519291

Fig. 4a



30-05-85

3519291

-20-

Fig. 4b

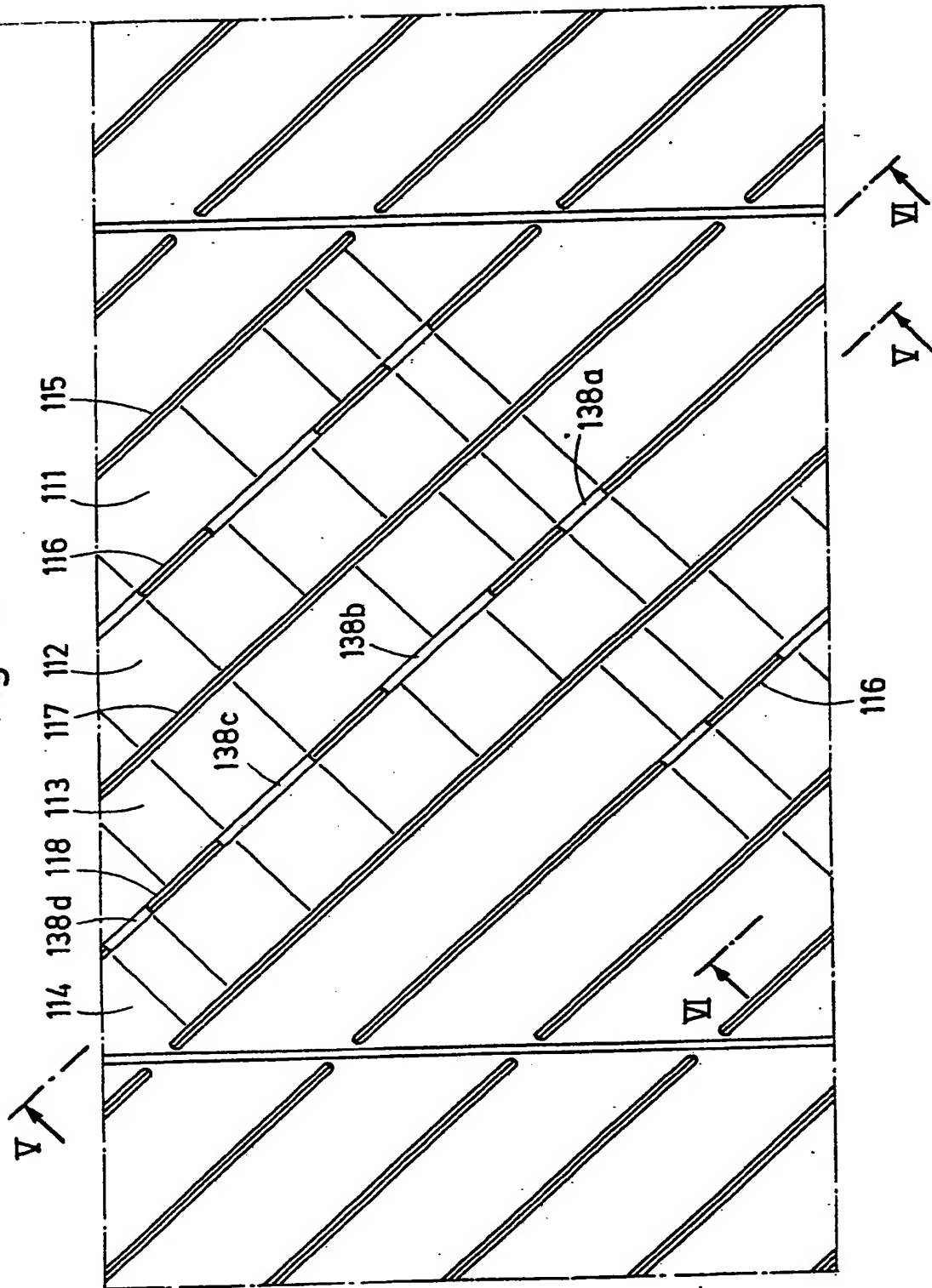


Fig. 4c

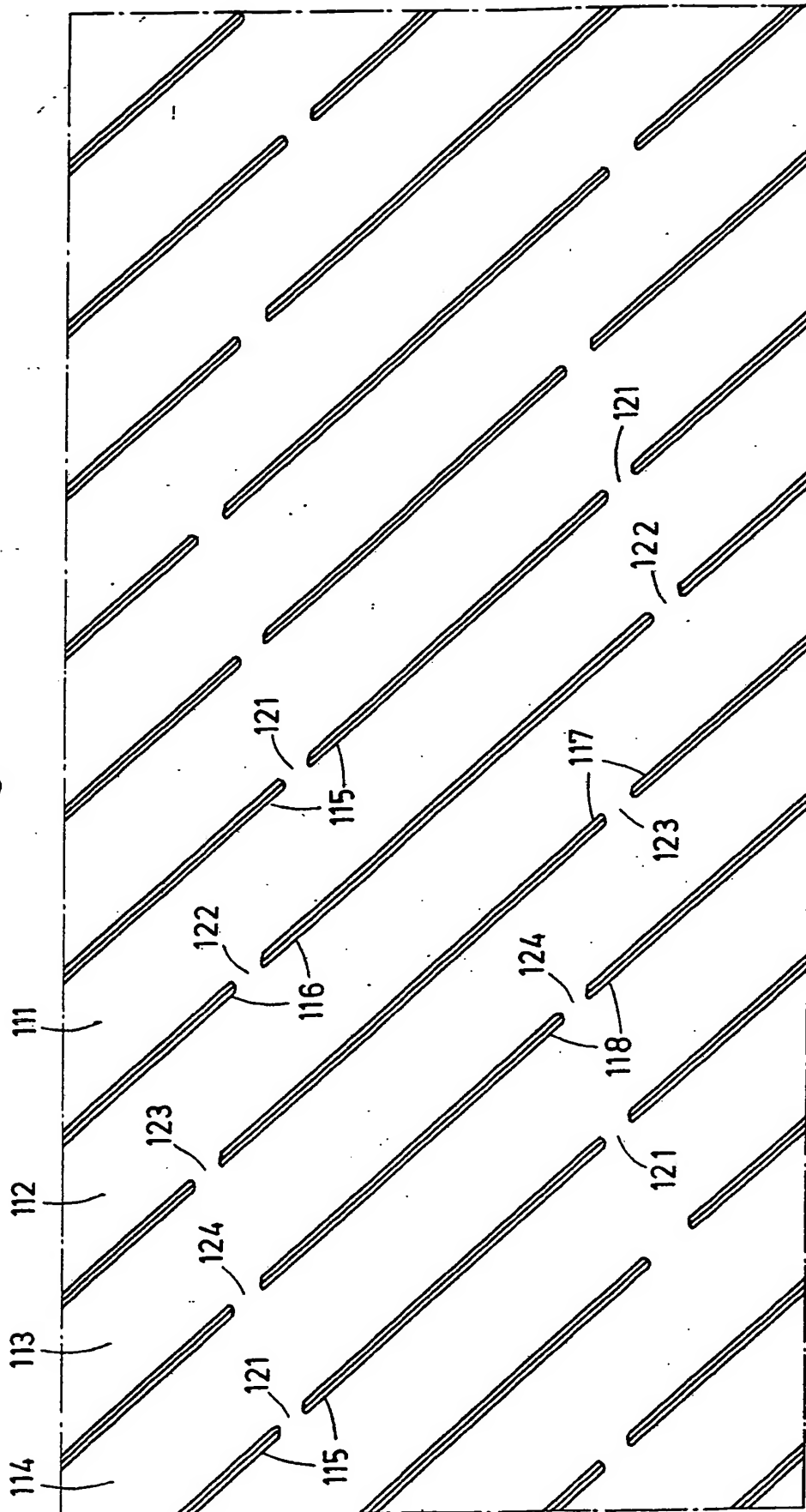
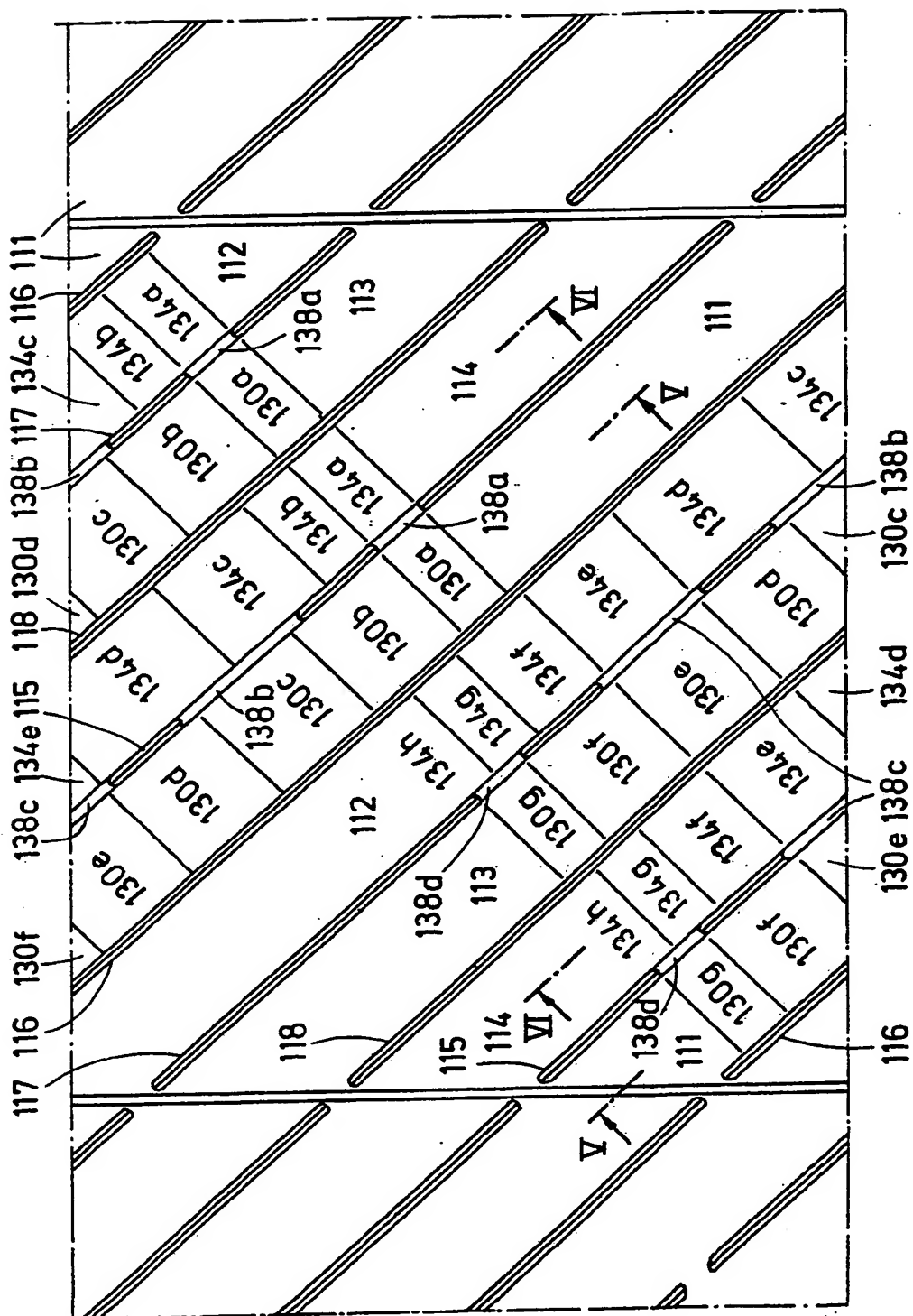


Fig. 4d



608849/0079

13/16

61 205
23.4.85
 η_v

- 23 -

3519291

Fig. 4e

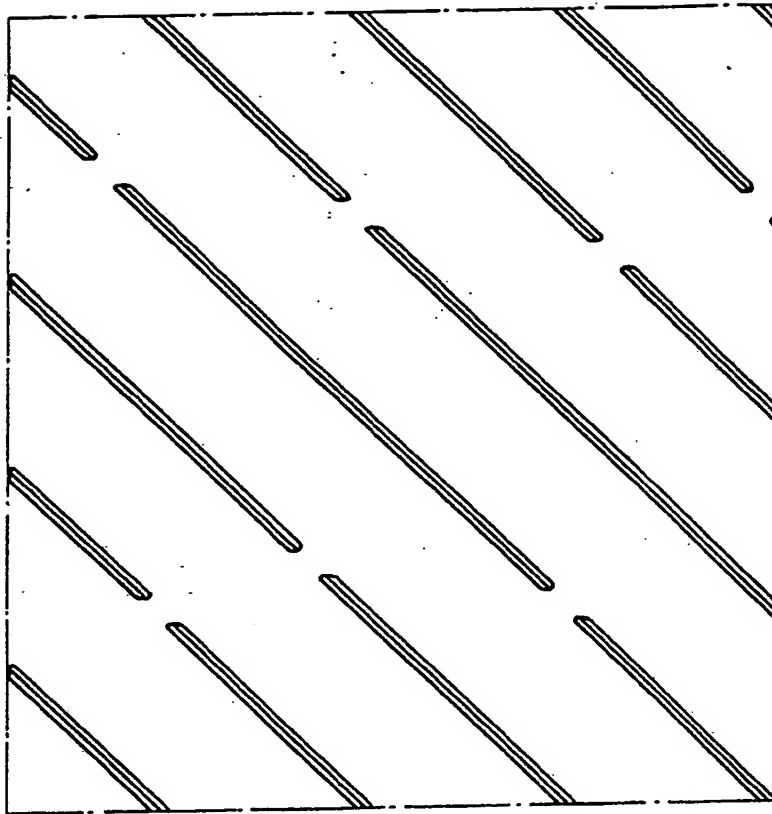


Fig. 5

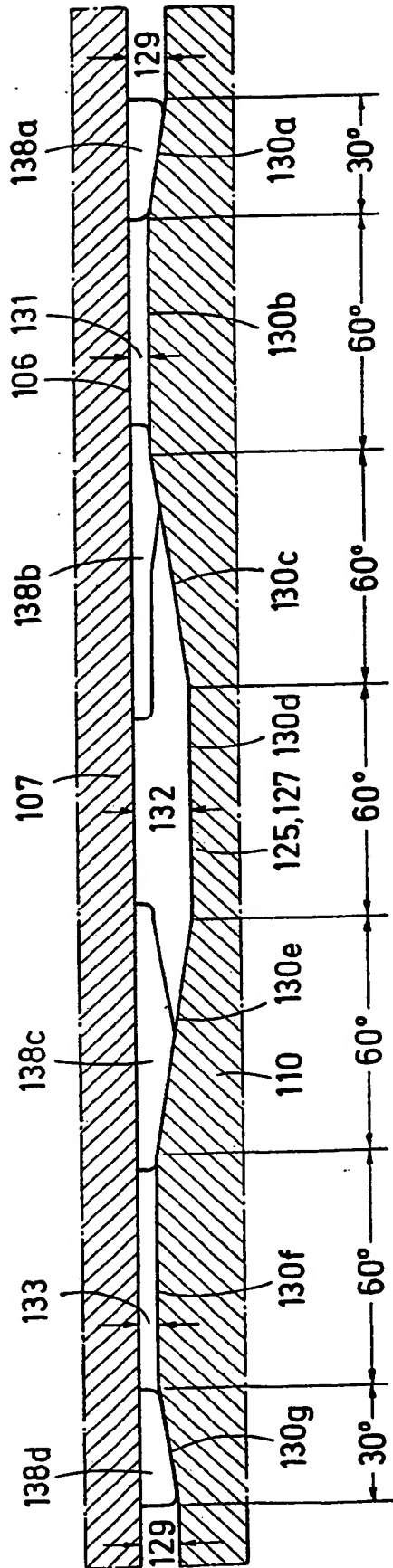


Fig. 6

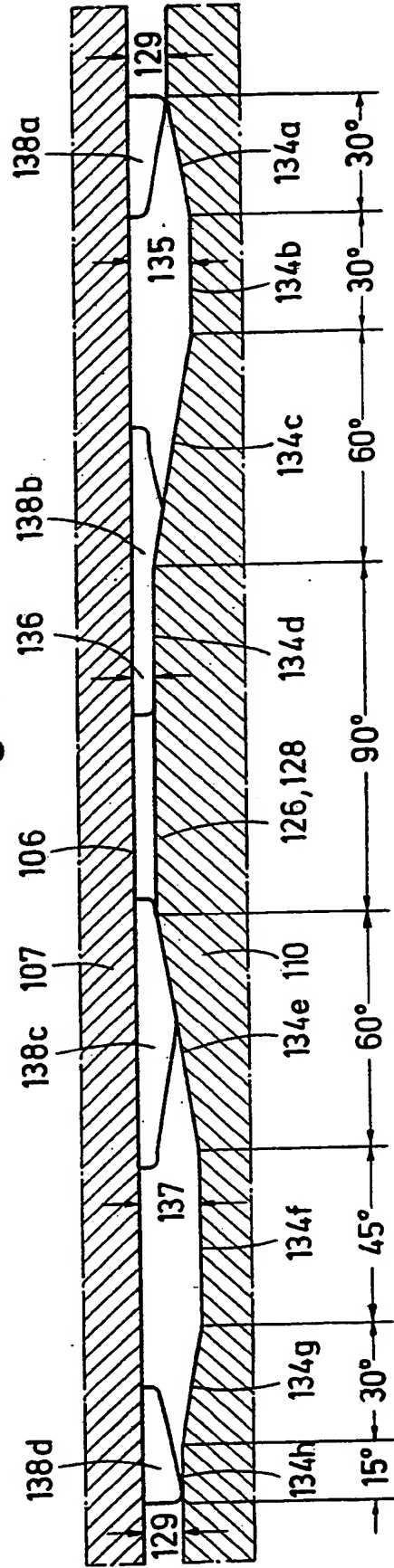


Fig. 7

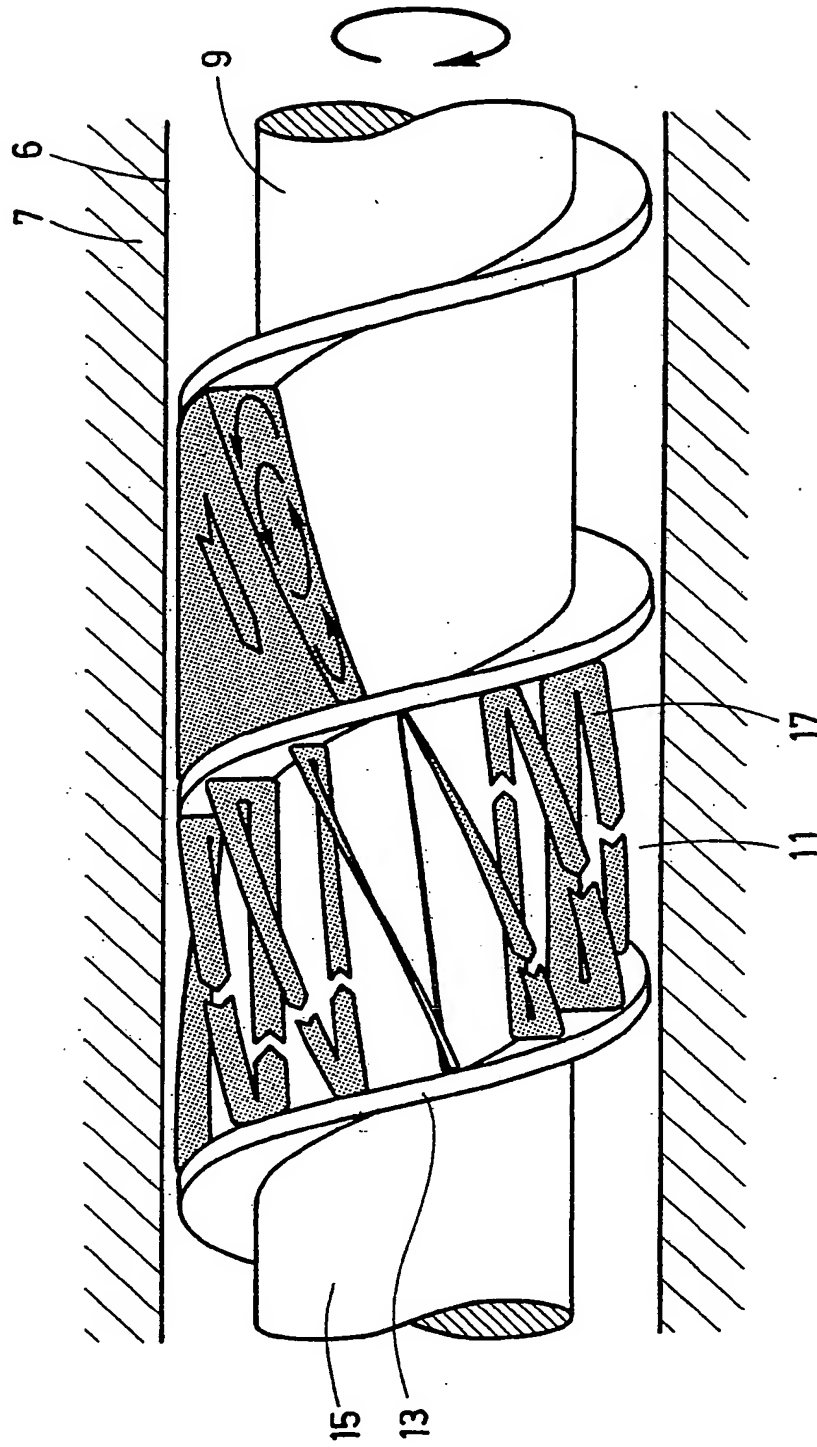
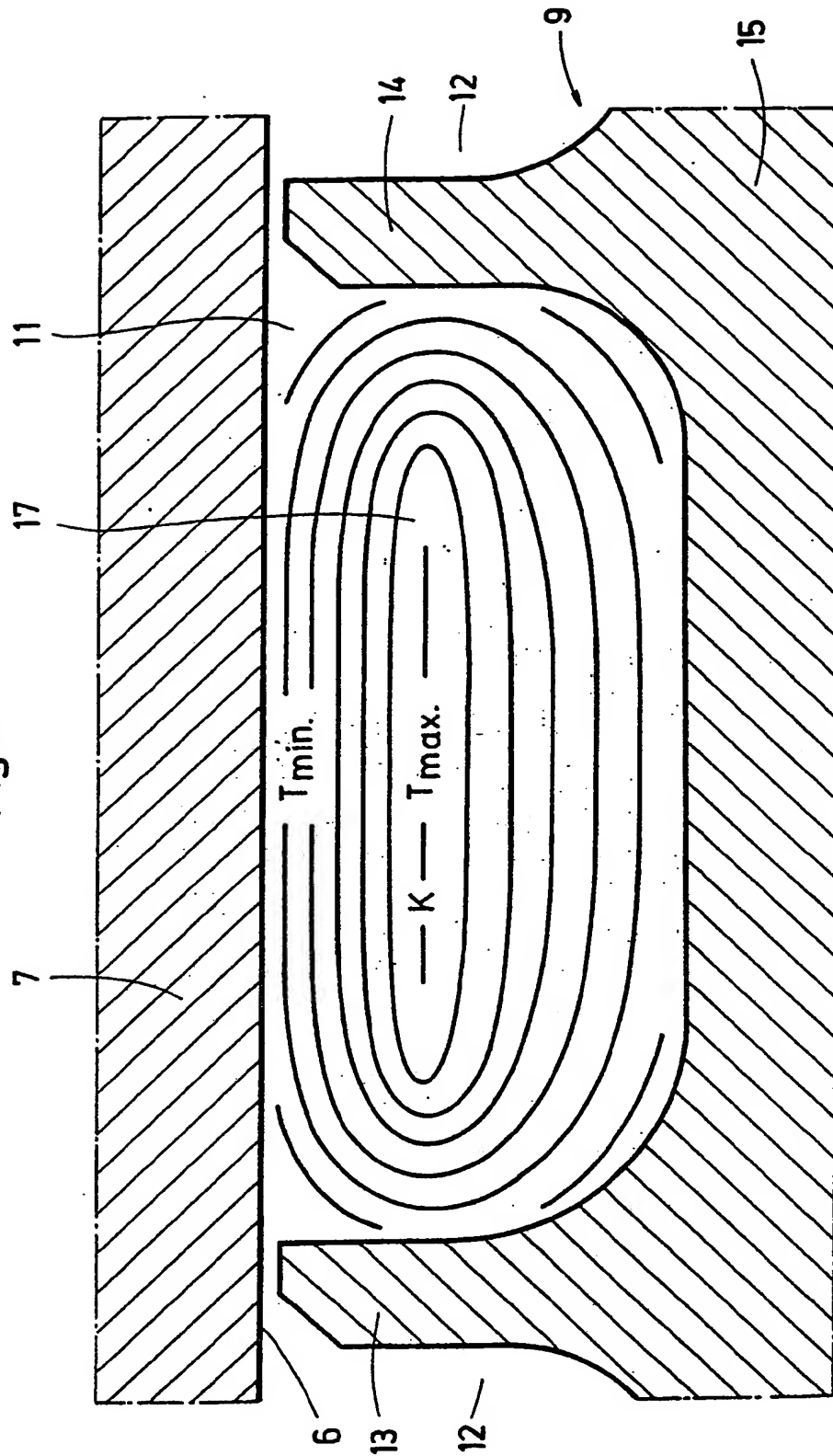


Fig. 8



Nummer:
Int. Cl.⁴:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

35 19 291
B 29 C 47/36
30. Mai 1985
4. Dezember 1986

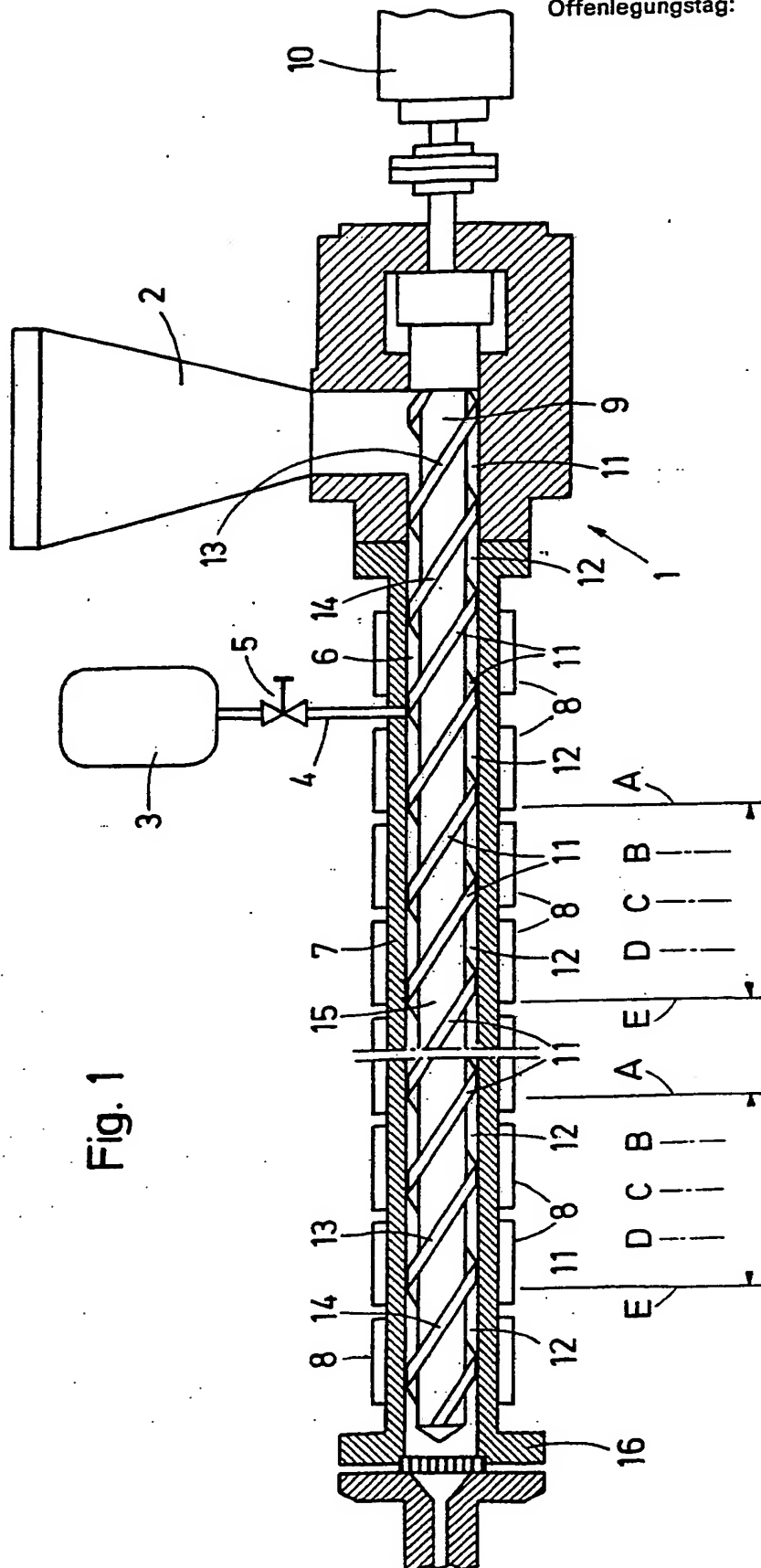


Fig. 1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.